



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

KANDÓ KÁLMÁN VILLAMOSMÉRNÖKI KAR

XXXVIII. Kandó Konferencia 2022

Kiadvány kötet

2022. november 3-4.

1084 Budapest, Tavaszmező u. 17.

1034 Budapest, Bécsi út 96/b.



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

KANDÓ KÁLMÁN VILLAMOSMÉRNÖKI KAR



Szerkesztette: Temesvári Zsolt - Wühl Tibor - Molnár György
Óbudai Egyetem, Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar

Technikai szerkesztő: Lábasné Grega Ildikó
ISBN 978-963-449-298-6

Budapest
2022

Tartalomjegyzék

Tartalom

Szakmai előszó	4
Bendiák István: Aszinkron motorok terhelési jelleggörbéinek kiterjesztett vizsgálata	5
Fodor Attila, Sándor Tamás: Villamos motorok hatékonyságának meghatározása a járműsebességből visszaszámolással	15
Bendiák István, Sándor Tamás: utóbuszok villamos hajtásának összehasonlítása és optimalizálása	24
Bendiák István, Dr. Semperger Sándor: Aszinkron motorok mechanikai eredetű hibáinak elemzése áramjelalak-analízis módszerével	32
Bendiák István, Dr. Semperger Sándor: Villamos hajtású városi autóbusz hajtásrendszerének modellezése	48
Szén István: A hidrogén jelentősége a megújuló energiaforrások integrációjában valamint szerepe a fenntartható energetikában és a „zöld iparban”	68
Horváth S. R. , Nyitrai A. , Szabó G.: Háztartási méretű lendítőkerekes energiapuffer optimális tervezése	79
Wéber Zoltán Árpád: KÖF szabadvezetéki hálózat hurkolásának a megvalósítása Recloser (oszlopmegszakító) segítségével, illetve Recloser mint a Smart Grid meghatározó szereplője	88
Braun Ferenc, Molnár Zsolt: Elektromos járművek energiamedszelt töltése	95
Borsos Döníz, Sándor Tamás: Környezeti paraméterek figyelésére alapozott mesterséges intelligenciát tartalmazó hajtásvezérlési rendszer problémái.....	105
Wühl Tibor: DSP algoritmusok hiba felderítése	113
Wühl Tibor: Átlapolódás gátló szűrő követelmény meghatározása.....	118
Dr. Molnár György, Fodor Andrea: A digitalizáció hatása a korszerű szakmódszertani pedagógia gyakorlatra	123
Karl Éva, Molnár György: IKT-val támogatott STEM készségek fejlesztésének lehetőségei a tanulók körében	142
Mester Gyula: Újvidéki Egyetem kutatóinak 2022-es ranglistája	154
Makó Ferenc, Holik Ildikó: Munkaadói kompetenciaigények vizsgálata egyetemi vállalati partnerek körében	160
Markella Zsolt, Papp József: Vajon az énhatékonyság és a motiváció mennyire befolyásolja az elsőéves villamosmérnök hallgatók lemorzsolódását?	169
Berkes Dominik Krisztián, Sánta Máté, Borsos Döníz: Okosbója mérésadatgyűjtő rendszer.....	179
Braun Ferenc, Molnár Zsolt: Házi és használatok LoraWAN alapú egészségügyi monitorozása	189
Mádai Márk Milán, Szabó Márton, Békási Zsolt, Sebők Rókus, Dr. Závodny Zoltán, Mátyás Tamás, Pudleiner Péter, Dr. Pálfi Judith, Kiss Miklós: A házhozszállítás jövőképe	198

Makszin Mihály, Molnár Zoltán, Samu Soma József, dr. Pálfi Judith: Pavegen [®] burkolat alkalmazása a Margit-szigeti futópályán.....	211
Bence Mész, Botond Détár, Márk Taraj, Ferenc Róbert Tompai, Teodor Sipos, Zsolt Madár: COCKTAILOR, automata koktélkészítő gép.....	221
Debreczeni Kata, Hutvágner Botond, Csepke Bence, Melegh Bence, Illés Dániel, Fodor Rudolf, dr. Pálfi Judith: Energiamegtakarítás otthonról	232
Boruzs Kevin, Kozma Adorján Torda, Pákozdi Dávid, Pálfi Csaba, Dr. Pálfi Judith, Dr. Rácz Ervin Ph.D.: Távvezérelt kilövő rendszer	244
Golarits Botond, Margit Bendegúz, Szajli Tamás, Dorogi László, Földesi Dávid, Benczédi Balázs, Antal Gábor, Dr. Pálfi Judith: EOH - Energiahatékony Okos Ház.....	251
Dr. Pálfi Judith, Gyuricza Marcell, Szénási Benedek, Kvala Dávid, Lovász Balázs, Buzder Lajos, Kok Barnabás, Molnár Ferenc: Atomenergia és különleges energiaforrások.....	259
Fodor Benedek, Kelemen Györk, Perjéssy Bálint, Romanoczki Attila, Dr. Pálfi Judith: Kocsmatúra tervező	276
Váci Márton Csaba, Istók Róbert: ACCC (Aluminum Conductor Composite Core) sodronyok alkalmazása	279
Bartók Gergely, Bíró Zoltán, Regéczy Bálint, Walter Norbert Gyula: Programozható logikai controllerrel kivitelezett irányítástechnikai műveletek	285
Semperger Sándor, Dénes István: Impact determination munkafolyamat jelentősége az ipari üzemek és objektumok kiberbiztonsági felmérésénél	301
Daniel Salyi, Döníz Borsos: Bionic Hand with Phalanx built-in servos	313
Istók Róbert: Test of High Voltage Capacitors	319
Attila Bencze, Virág Horváth, Miklós Berta: Causality detection in magnetic confined fusion plasma parameters.....	324
Zoltán Farkas, Antal Ürmös, Ákos Nemcsics: Analysis of Stock Price History of American Computer Related Chip Manufacturers	330
BARNABÁS PÁLFY, DR. JUDITH PÁLFI, Nándor Rója, András Cserna, Tamás Mihelik, Zsolt Nándor Vígvári, István Martin Süli, Bence Pálok, Dániel Basa: WIRELESS CHARGING POSSIBILITIES.....	339
RNDr. Tóth Attila, PhD Mgr. Szabó Tibor, PhD: Matematikai modellezés demográfiai számításokban ..	357
Katona János, Takács Anna, Nagy Kem Gyula: Matematikai versenyek és a problémamegoldó gondolkodás.....	366
Péter Nagy, Péter Tasnádi: Investigation of planar motions with computer simulation	376
E. IMRE: Macro test for the testing of bonds.....	398
E.Imre, Q.P.Trang: Some notes on the dry density for sands	411

Szakmai előszó

Nagy szeretettel és tisztelettel köszöntjük Olvasónkat!

Immár 38. alkalommal tartottuk a Kandó Konferenciát, melynek Kidvány kötetét tartja kezében.

A Kandó Konferencia egy tradicionális rendezvény, melyen a Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar Ipari Partnerei, valamint a Kandós oktatók és kutatók teszik közzé kutatási, oktatási eredményeit. Ezen a Konferencián, a villamosmérnöki tudományok, és mérnök-pedagógia széles spektrumában adódott ismét lehetőség a munkák és kutatási területek bemutatására. A Konferencián mintegy 92 szakmai előadás hangzott el. Az előadások kivonatát az ISBN 978-963-449-299-3 számú Absztrakt kötet tartalmazza.

Jelen kiadvány a Kandó Konferencián elhangzott néhány előadáshoz kapcsolódó Tudományos cikket tartalmazza.

Reméljük, hogy a Tisztelt Olvasó örömmel lapozgatja és olvassa ez a kiadványt.

Jó egészséget és sikeres kutató munkát kívánunk!

Budapest, 2022. december 11.

Szerkesztők

Bendiák István: Aszinkron motorok terhelési jelleggörbéinek kiterjesztett vizsgálata

Óbudai Egyetem, Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar, Automatizálási és Energiarendszerek Intézet, Automatika Tanszék, bendiak.istvan@uni-obuda.hu

Absztrakt: A pályamunka célterülete aszinkron motorok terhelési jelleggörbéinek vizsgálata és számításának kiterjesztése, együtt kezelve valamennyi hatásfok-orientált beavatkozási módszertés és szabályozott jellemzőt. Az integrált rendszerekkel együtt dolgozó aszinkron géptulajdonságainak felmérése a tervezéstől, tesztelés és életciklus végigkövetése alatt. Anemzetközi gyakorlatban is alkalmazott számítások és megközelítések összehasonlítása és továbbgondolása a legoptimálisabb gépmodell kialakítására.

1. Forgómező alapelve, bevezető

Forgómező alapelve:

Háromfázisú $2p$ pólusú tekercsrendszer egyik fázisába tegyünk egyenáramot és tegyük fel, hogy ezáltal az armatúra kerületén sinustörvény szerint eloszló indukció jön létre. Egy τ_p pólusosztás mentén az indukciót B_{1m} amplitúdójú sinusvonala képezi.

Az indukció csak x , illetve a térbeli $x \cdot \frac{\pi}{\tau_p}$ szög függvénye és az x helyen állandó értéke [2]:

$$B_1(x) = B_{1m} \cdot \sin \frac{x}{\tau_p} \cdot \pi$$

Ha pedig nem egyenárammal, hanem az egyenárammal egyenlő amplitúdójú az időben sinustörvény szerint $\omega = 2\pi f$ körfrekvenciával váltakozó áram folyik a tekercselésben, az eddig csak x -szel változó indukció helyett, az időben is sinustörvény szerint változó értékek lépnek fel [2].

Az indukció most nemcsak az x kerületi helynek, hanem az időnek is sinusfüggvénye, úgyhogy:

$$B_1(x, t) = B_{1m} \cdot \sin \frac{x}{\tau_p} \pi \sin \omega t$$

Ha a gép második fázistekercselésébe is ugyanakkora és ugyanolyan frekvenciájú áramot bocsátunk, ez is létrehoz egy váltakozó mágneses teret, amelynek a tengelye azonban a kerületen a $+x$ irányban $\frac{2\pi}{3}$ -nak megfelelő kerületi szöggel el van tolva [2].

Háromfázisú rendszerben ez az áram 1. fázis árama mögött időben $\frac{2\pi}{3\omega}$ -val elmarad, létesített indukció az x helyen és t időben [2]:

$$B_2(x, t) = B_{1m} \cdot \sin \left(\frac{x}{\tau_p} \cdot \pi - \frac{2\pi}{3} \right) \cdot \sin \left(\omega t - \frac{2\pi}{3} \right)$$

És hasonlóan a 3. fázisból eredő indukció:

$$B_3(x, t) = B_{1m} \cdot \sin \left(\frac{x}{\tau_p} \cdot \pi - \frac{4\pi}{3} \right) \cdot \sin \left(\omega t - \frac{4\pi}{3} \right)$$

Ismert trigonometriai összefüggés szerint:

$$\sin\alpha \cdot \sin\beta = \left[\frac{1}{2} \cos(\alpha - \beta) - \frac{1}{2} \cos(\alpha + \beta) \right]$$

Úgyhogy $x \frac{\pi}{\tau_p} = \alpha$ és $\omega \cdot t = \beta$ helyettesítéssel [2]:

$$\begin{aligned} B_1(x, t) &= B_{1m} \cdot \left[\frac{1}{2} \cos(\alpha - \beta) - \frac{1}{2} \cos(\alpha + \beta) \right] \\ B_2(x, t) &= B_{1m} \cdot \left[\frac{1}{2} \cos(\alpha - \beta) - \frac{1}{2} \cos\left(\alpha + \beta - \frac{4\pi}{3}\right) \right] \\ B_3(x, t) &= B_{1m} \cdot \left[\frac{1}{2} \cos(\alpha - \beta) - \frac{1}{2} \cos\left(\alpha + \beta - \frac{8\pi}{3}\right) \right] \end{aligned}$$

Az egyenletek jobb oldalán a második helyen álló tagok összeadva ugyanazokkal az α és β értékekkel 0-t adnak, ezért a három fázis által együttesen létesített indukció [2]:

$$B_1(x, t) + B_2(x, t) + B_3(x, t) = B_1 = \frac{3}{2} \cdot B_{1m} \cdot \cos(\alpha - \beta)$$

vagy:

$$\begin{aligned} B_1 &= \frac{3}{2} \cdot B_{1m} \cdot \cos\left(\frac{x}{\tau_p} \cdot \pi - \omega t\right) \\ \omega &= \frac{\pi}{T} - \text{vel} \\ B_1 &= \frac{3}{2} \cdot B_{1m} \cdot \cos\left(\frac{x}{\tau_p} \cdot \pi - \frac{t}{T} \cdot \pi\right) \end{aligned}$$

Szimmetrikus m fázisú tekercsrendszer esetén a tekercselési tengelyek térbeli szögeltolása és az áramok időbeli fáziskülönbsége $\frac{2\pi}{m}$ -mel illetve a $\frac{2\pi}{m} \omega$ - val egyenlő, úgyhogy az indukcióra most m egyenletet kapunk, amelynek összefüggéséből [2]:

$$B_1 = \frac{m}{2} \cdot B_{1m} \cdot \cos\left(\frac{x}{\tau_p} \cdot \pi - \omega t\right)$$

Ez az egyenlet egy $B_{1m} \frac{m}{2}$ amplitúdójú haladó hullámot, más szóval forgó mágneses teret jelent [2], amelynek haladási sebességét úgy állapítjuk meg, hogy felírjuk az indukció értékét $t + dx$ időpontban az $x + dt$ helyen:

$$B_1 = \frac{m}{2} \cdot B_{1m} \cdot \cos \cdot \left[(x + dx) \cdot \frac{\pi}{\tau_p} - (t + dt)\omega \right]$$

$$B_1 \text{ értéke ugyanaz a } t \text{ időben az } x \text{ helyen, ha } dx \frac{\pi}{\tau_p} = \omega dt$$

Vagyis ha a hullám sebessége [2]:

$$\begin{aligned} v = \frac{dx}{dt} &= \frac{\omega \cdot \tau_p}{\pi}, \text{ illetve } \omega = \frac{2\pi}{T} - \text{vel} \\ v &= \frac{2 \cdot \tau_p}{T} \end{aligned}$$

A hullám tehát az áram egy teljes periódusának megfelelő T idő alatt két pólusosztással halad tovább, vagyis a szinkron gép póluskerekével egyenlő sebességgel forog.

A forgás szögsebessége, minthogy $p \cdot \tau_p$ a kerület felével egyenlő [2]:

$$\omega = \frac{v}{p \cdot \tau_p} = \frac{\omega \cdot \tau_p}{\pi \cdot p \cdot \tau_p} = \frac{\omega}{p}$$

Ha a fázistekercselések sorrendjét a kerületen megcseréljük, a forgótér haladási iránya ellentétesre változik, amint az a következőkből tűnik ki:

Az 1. fázis által előidézett indukció [2]:

$$B_1(x, t) = B_{1m} \cdot \sin \frac{x}{\tau_p} \cdot \pi \cdot \sin \omega t$$

A 2. fázis térbeli sinusvonala most $\frac{2\pi}{3}$ -nak, a 3. fázisé pedig $\frac{4\pi}{3}$ -nak megfelelő kerületi szöggel van eltolva a negatív x-irányban, vagyis:

$$B_2(x, t) = B_{1m} \cdot \sin \left(\frac{x}{\tau_p} \cdot \pi + \frac{2\pi}{3} \right) \cdot \sin \left(\omega t - \frac{2\pi}{3} \right)$$

$$B_3(x, t) = B_{1m} \cdot \sin \left(\frac{x}{\tau_p} \cdot \pi + \frac{4\pi}{3} \right) \cdot \sin \left(\omega t - \frac{4\pi}{3} \right)$$

Az előbb követett eljárással az indukciók összege most:

$$B_1 = \frac{3}{2} \cdot B_{1m} \cdot \cos \left(\frac{x}{\tau_p} \cdot \pi + \omega t \right)$$

Vagy m fázis esetén [2]:

$$B_1 = \frac{m}{2} \cdot B_{1m} \cdot \cos \left(\frac{x}{\tau_p} \cdot \pi + \omega t \right)$$

Az x + dx helyen a t + dt időben:

$$B_1 = \frac{m}{2} \cdot B_{1m} \cdot \cos \left[\left(x + dx \right) \cdot \frac{\pi}{\tau_p} + (t + dt) \omega \right]$$

B_1 értéke változatlan, ha $dx \frac{\pi}{\tau_p} = -\omega dt$, tehát a hullám haladási sebessége:

$$v = \frac{dx}{dt} = \frac{-\omega \cdot \tau_p}{\pi} = \frac{-2 \cdot \tau_p}{T}$$

A sebesség nagysága ugyanaz, mint előbb, de negatív előjelű, vagyis ellentétes irányú.

A forgó mágnes tér modellezésének alapvető kiindulási pontja ezen összefüggések felírása és elemzése a több pólusrendszert biztosító tekercsek kigondolásához.

2. Kiindulási alapösszefüggések

A következő fejezet részekben olyan alapösszefüggéseket tisztázok, amelyek alapjai a modellezési számításoknak. A vizsgálati lehetőségeket kiterjesztve ma már mindennapi követelménnyé vált frekvenciaváltós hajtásokra is (4. fejezetben).

Állórészen háromfázisú szimmetrikus tekercselésben a megfelelő feltételek teljesülése esetén keletkező forgó tér fordulatszámja [8]:

$$n_0 = \frac{60 \cdot f_1}{p}$$

Ahol f_1 = állórészt tápláló frekvencia 1 [Hz] – ben; p = póluspárok száma.

Illetve a gépet meghatározó szlip:

$$s = \frac{n_0 - n}{n_0}$$

Ahol n_0 = állórész forgó mágneses terének fordulatszám; n = forgórész fordulatszám; s = szlip (slip) az említett két jellemző közötti eltérés.

Aszinkron gépre jellemző állórész indukált feszültsége [8]:

$$U_{i1} = 4,44 \cdot \Phi \cdot f_1 \cdot N_1 \cdot \xi_1$$

Ahol U_{i1} = állórész tekercselésben indukált feszültsége; Φ = a kerület mentén szinuszos eloszlásúnak feltételezett forgó fluxus csúcserőve; N_1 = állórész tekercselés menetszáma; ξ_1 = tekercselési tényező;

Aszinkron gépre jellemző állórész indukált feszültsége a forgórészben [8]:

$$U_{i20} = 4,44 \cdot \Phi \cdot f_2 \cdot N_2 \cdot \xi_2$$

Ahol U_{i2} = forgórészben tekercselésben indukált feszültség; Φ = a kerület mentén szinuszos eloszlásúnak feltételezett forgó fluxus csúcserőve; N_2 = forgórész tekercselés menetszáma; ξ_2 = tekercselési tényező.

A frekvenciák egyenlőségét feltételezve a két indukált feszültség egyenletének hányadosaként kapjuk a gép áttételét:

$$a = \frac{U_{i1}}{U_{i20}} = \frac{N_1 \cdot \xi_1}{N_2 \cdot \xi_2}$$

Ahol a = aszinkron gép áttétele.

Ennek alapján felírható az állórészre redukált forgórész indukált feszültsége:

$$U'_{i2} = a \cdot U_{i2}$$

Ahol U'_{i2} = állórészre redukált forgórész indukált feszültsége.

Ennek alapján a redukált forgórész áram számítását a gerjesztési feltételből határozhatjuk meg. A primer és szekunder tekercselés pólusszámának azonosnak kell lennie. Ennek alapján a primer oldalra redukált forgórész áram [8]:

$$I'_2 = \frac{m_2}{m_1} \cdot \frac{N_2 \cdot \xi_2}{N_1 \cdot \xi_1} \cdot I_2$$

Ahol I'_2 = A primer oldalra redukált forgórész áram; m_1 = állórész fázisszáma; m_2 = forgórész fázisszáma; I_2 = forgórész áram.

Az áttétel ismeretében pedig [8]:

$$I'_2 = \frac{m_2}{m_1} \cdot \frac{I_2}{a}$$

Redukálás [8]

A redukált ellenállást és a szórási reaktanciát a veszteségek azonossága alapján számíthatjuk:

Vagyis [8]:

$$m_1 \cdot (I'_2)^2 \cdot R'_2 = m_2 \cdot I_2^2 \cdot R_2$$

Ahol I_2 = forgórész áram; I'_2 = forgórész áram redukált értéke; R_2 = forgórész rezisztencia; R'_2 = forgórész rezisztencia redukált értéke.

A redukálása ennek alapján:

$$R'_2 = \frac{m_1}{m_2} \cdot \left(\frac{I_2}{I'_2} \right)^2 \cdot R_2$$

Forgórész rezisztencia redukálása.

Behelyettesítve az áttétellel [8]:

$$R'_2 = \frac{m_1}{m_2} \cdot a^2 \cdot R_2$$

Forgórész rezisztencia redukálása, áttétellel.

A forgórész szórási reaktancia számítása [8]:

$$X'_{s2} = \frac{m_1}{m_2} \cdot a^2 \cdot X_{s2}$$

X_{s2} = forgórész szórási reaktanciája; X'_{s2} = forgórész redukált szórási reaktanciája.

3. Aszinkron gépek nyomatéki egyenlete és hőmérsékletfüggése

Aszinkron gépek nyomatéki egyenletének a módosításának oka, hogy az indukáltfeszültség és a hőmérsékletfüggés pontosítható legyen a forgatónyomaték számításakor is.

Tekercselés hőmérsékletfüggése (réz esetén):

$$\vartheta = \frac{R_{meleg} - R_{hideg}}{R_{hideg}} \cdot (235 + T_{hideg}) + (T_{hideg} - T_{vég})$$

Ennek megfelelően figyelembe veszem réz hőmérsékletfüggését a nemcsak a tekercsveszteség számításnál, hanem az indukált feszültségre gyakorolt hatását (fázis értékekből).

$$P_{tekercs} = 3 \cdot I_f^2 \cdot R_f$$

Ennek megfelelően az indukált feszültség felírása:

$$u_k = i_{Rf} \cdot R_f + \frac{d\Psi}{dt}$$

Aszinkron gép állórész fluxusának előállítás [8-9]:

$$\Psi_{Stator} = \int_0^t (u_{fk} - i_f \cdot R_f) \cdot dt + C$$

Ennek megfelelően az aszinkron gépekre vonatkozó vektorábra alapján felírtam az indukált feszültségre vonatkozó összefüggést (fázisértékkel, kizárólag motorüzemre érvényes):

Továbbá felírva a szakirodalomból jól ismert aszinkron gépre vonatkozó nyomatéki összefüggést [8]:

$$M = \frac{m_1}{2 \cdot \pi \cdot n_0} \cdot \frac{U_{if}^2}{\left(R_1 + \frac{R'_2}{s}\right)^2 + X_s^2} \cdot \frac{R'_2}{s}$$

A szakirodalomból jól ismert összefüggés módosítása alapján az általam felírt nyomatéki egyenlet az indukáltfeszültség-változását és hőmérsékletfüggést is fegyelembé veszi, mert R-tekeres ellenállás hőmérsékletfüggő és annak megfelelően van használva a számítás.

Ennek megfelelően módosítva írom fel az új általam kigondolt nyomatéki egyenletet:

Képletekben használt jelölések:

u_{fk} = Fázis kapocsfeszültség.

U_{if} = Indukált fázisfeszültség.

m_1 = Fázisszám (jelen esetben $m_1 = 3$).

n_0 = Állórész szinkron fordulatszám.

I_f = Fázis áramerősség.

R_f = Tekerszelés fázis ellenállása kapcsolási módtól függően.

R_1 = Állórész rezisztencia.

R'_2 = Forgórész rezisztencia primer oldalra redukált értéke.

Ψ_{stator} = Státor (teljes menetszámra értelmezett) fluxusa.

$X_s = X_{s1} + X'_{s2}$ (állórész és forgórésznek primer oldalra redukált szórási) reaktanciája.

s = szlip, vagyis $s = \frac{n_0 - n}{n_0}$; $s = \frac{\text{szinkron fordulatszám} - \text{rotor fordulatszám}}{\text{szinkron fordulatszám}}$

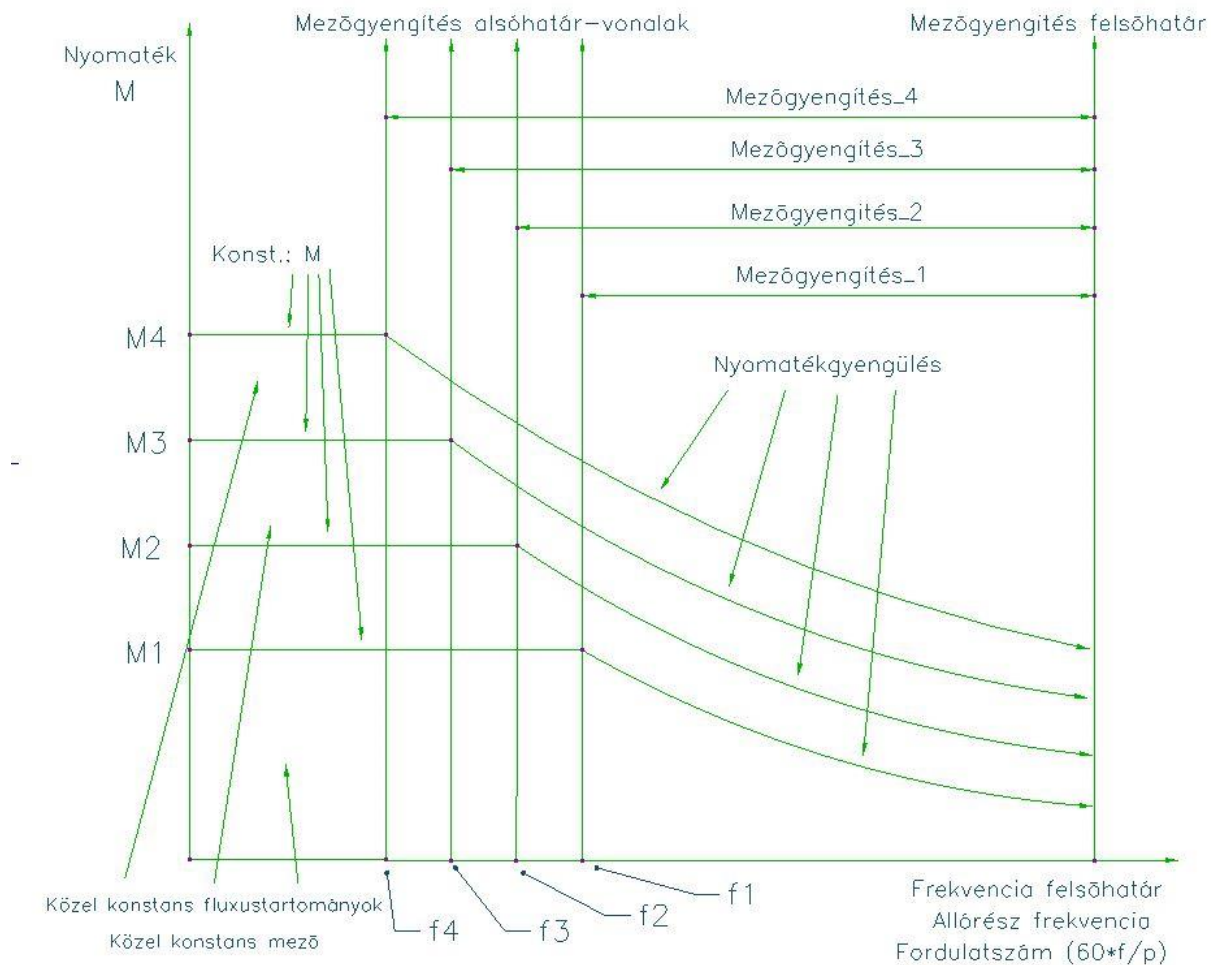
R_{hideg} = Tekercselés hideg ellenállása a T_{hideg} hőmérsékleten.

R_{meleg} = Tekercselés meleg ellenállása.

M = Forgatónyomaték.

4. Konstans-és változófluxusú tartományok kiterjesztése és összehasonlítása

A frekvenciaváltós üzemre vonatkozó jelleggörbék bemutatása arra az esetre, amikor például két pólusrendszer és hozzákapcsolódó két mezőgyengítési tartomány kapcsolódik. A 4.1-2. ábrák segítségével a kutatás eredményének megfogalmazása.



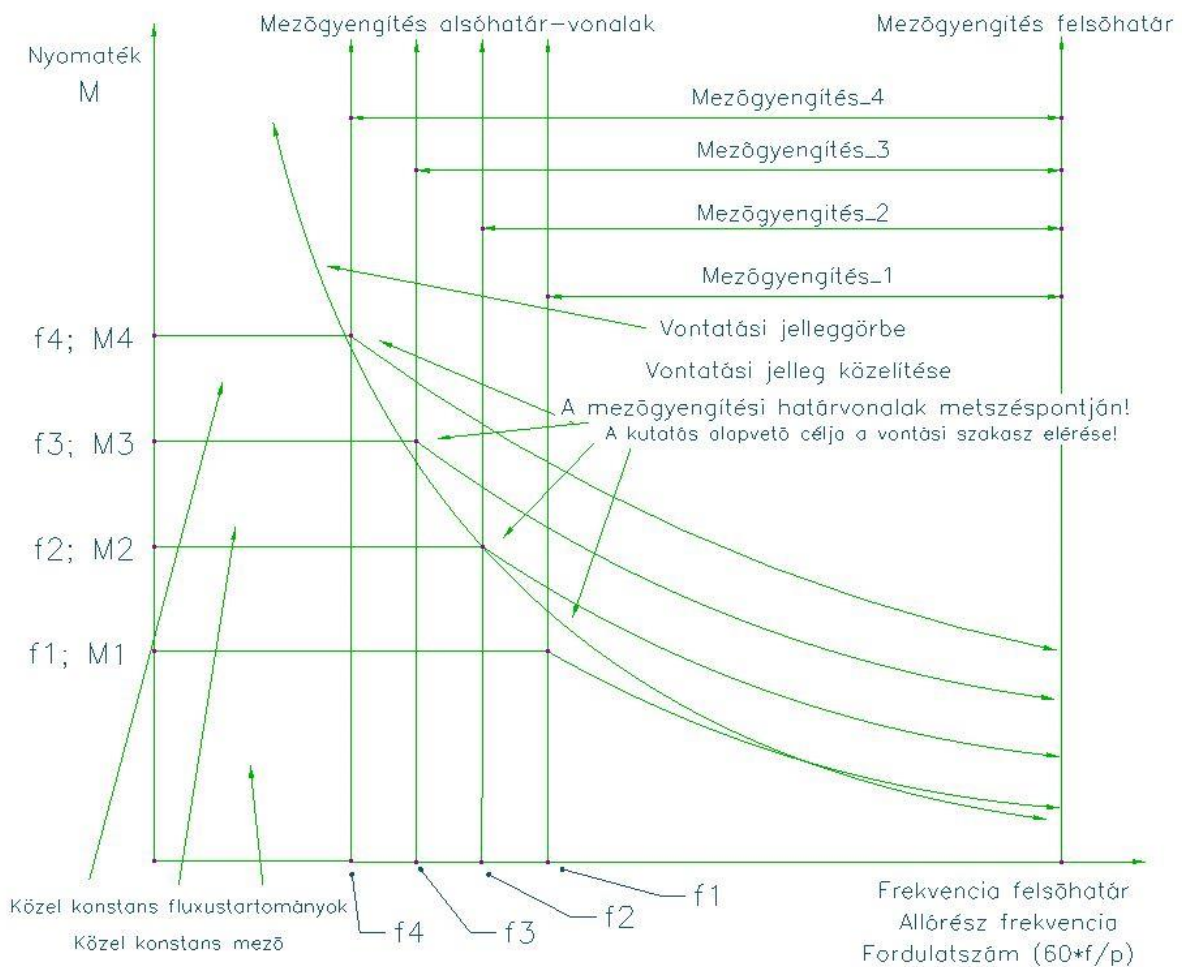
4.1. ábra Pólusát kapcsolással rendelkező villamos forgógép mezőgyengítési tartományokkal.

A 4.1. ábra egy univerzális jelleggörbe, mert nem tartalmaz mértékegységeket. A jelleggörbe azt az esetet vizsgálja, ha a frekvenciaváltós üzemben nő az állórész frekvencia és ez által növekszik a fordulatszám, szélesedik a nyomaték-fordulatszám jelleggörbe, viszont mezőgyengülés lép fel. Az f_1 , M_1 pl.: 50 Hz tartozó szinkron fordulatszám, négy pólusú motor esetén 1500 1/min. Hozzá tartozó M_1 nyomatéki pont a mezőgyengülés határvonalának kezdőpontja. A M_1 alatt lévő nyomatéki szakasz feltételezi, hogy a szabályozás a nyomatékot állandón tudja tartani. A jelleggörbe sereghez tartozhat egy pólusrendszerhez négy különböző tápláló frekvencia esetén vagy két pólusrendszerhez két különböző tápláló frekvencia esete. A négy jelleggörbét azért választottam, mert ebben az esetben még jól áttekinthető viselkedés. A valóságban ez akár több száz pont is lehet, ha érzékenyebb felbontásban történik számítás vagy akár ettől is sokkal több görbesereg is.

4.1. A jelleggörbék elképzélése és értelmezése

A vízszintes tengelyen a nyomatékok találhatóak, a függőleges tengelyen az állórész frekvencia és az állórész szinkron fordulatszámok. Frekvencia 1-4 feltételezi, hogy pl.: 50 Hz-ről növekszik 50-75-100-125 Hz-ig és ezzel a fordulatszám és gyengül a nyomaték. Ez az érték lehet nagyobb frekvencia tartomány is, nagyobb pólusszám esetén nagyobb állórész frekvencia. Mind a négy tartományhoz be van jelölve a mezőgyengítés és alsó és felső határa, amire a motor működését megadja a szabályozás. A 4.2. ábrán a frekvenciákhoz tartozó nyomatéki pont megjelölés is szerepel, ezért vannak jelölési párok kialakítva (f_1, M_1 ; f_2, M_2 ; f_3, M_3 ; f_4, M_4), adott frekvenciához tartozó nyomatékok.

4.2. ábra Villamos forgógép mezőgyengítési tartományai.



A frekvencia a korábban az aszinkron gép fejezetben bemutatott eljárással a tápláló frekvencia alapján számítja a póluspár-számnak megfelelően a gép állórész szinkron fordulatszámát. A kutatáshoz kapcsoló szabályozási módszer és inverter olyan paraméterekkel kell megválasztani, amely képes a vontatási jelleggörbe folyamatos megtartására. A 4.2. ábra célirányos jelentősége a vontatási jelleggörbét metsző nyomaték-fordulatszám jelleggörbe vonalak, amelyek akkor átlépnek a mezőgyengítési tartományban.

Tehát a karakterisztika úgy van szabályozva egy póluspár-átkapcsolással rendelkező géppel, hogy képes legyen a jármű által meghatározó vontatási jelleggörbén úgy maradni, hogy mindig a

hajtómotort a hatásfokorientált szakaszban tudja megtartani. A villamos gép lehet aszinkron és szinkron gép is. A motor konstrukciót a gyakorlati követelményhez kell méretezni.

4.2. Hajtómotor táplálásának lehetőségei

A hajtómotor lehet kettős táplálású aszinkron gép is, ebben az esetben a csúszógyűrűk elhagyása következtében induktív csatolást kell használni.

A szinkron gép esetén ugyanígy megtehető a kefe nélküli gerjesztés, mert ebben az esetben a rotor fluxusba be lehet avatkozni. A [1-22] szakirodalom átnézésekor arra az irányra lehet jutni, hogy messze elegendő ismeret van ahhoz, hogy kutatási irányt a 4. fejezet leírásával megvalósítható.

Van lehetőség olyan tekereselés kialakításra is, amelyek egymástól függetlenül különböző fordulatszámokat biztosítanak, de ha a pólusszám eltérésnek megfelelően különböző frekvenciával tápláljuk úgy, hogy a gépben a frekvenciafeltétel teljesüljön, akkor mindkét tekeresrendszer ki van használva (független tekerces módszer).

4.4. Összefoglalás

A bemutatott 4.1-2. ábrák jelleggörbe-seregnek kell lennie, ami folyamatos számításnak van alárendelve, amely igazodik a jármű útszakasz viselkedéséhez. A pólusváltásnak akkor kell bekövetkeznie, amikor az előző pólusrendszerben nincs elegendő fluxustartalék vontatási jelleggörbe eléréséhez és fenntartásához. Ehhez még hozzáadódik a frekvenciaváltó szabályozási módja, amely szélesítheti is ezeket a tartományokat. Lehet használni olyan méretékű feszültségemelést is, ami még nem okoz túlzott veszteséget és túlmelegítést. Több tekeresrendszerű gép is készíthető, ezzel szélesíthető a gép fluxustartaléka és nyomatékképzési szakasza. Kutatás eredménye a 28. és 29. fejezetben bemutatott eljárás szerinti villamos forgógép, amely működése hibrid-jellegű, ötvözi az aszinkron és szinkron gép előnyös tulajdonságait és a hozzákapcsolható inverter a géptípusnak megkedvezőbb táplálási módot biztosít.

5. Irodalomjegyzék

- [1] Dr Asztalos Péter. Villamosgépek II. Tankönyvkiadó. Budapest. 1972.
- [2] Liska József, Villamos gépek, III: Szinkron gépek, Tankönyvkiadó, Budapest, 1966
- [3] Retter Gyula, Villamos energiaátalakítók IV: füzet, Indukció gépek szimmetrikus állandósult állapota, Tankönyvkiadó, Budapest 1980
- [4] Liska József, Villamos Gépek IV. Aszinkron gépek, harmadik kiadás, Tankönyvkiadó, Budapest 1968.
- [5] Szabadalom : Galileo Ferraris and Riccardo Arno, of Turin Italy. Cím: Arrangement for Starting Alternating Current Motors. Application filed, July 6, 1895, Serial No: 555, 106. United States Patent Office. Specification forming part of Letters Patent No: 629, 897, dated August 1, 1899.
- [6] Szabadalmi leírás: Robert Dahlander. Device for Varying the Number of Poles in Alternate-current Motors. Specification forming part of Letters Patent No. 725,415, dated April 14, 1903.
- [7] Robert Dahlander: Pole changing motor elektronikus anyag.
- [8] Farkas András, Gemeter Jenő és Dr. Nagy Lóránt, VILLAMOS GÉPEK, Óbudai Egyetem Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar, 2013.
- [9] Retter Gyula: Egységes villamos gép elmélet, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1976

- [10] Norbert Hesselmann, *Digitális jelfeldolgozás*, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1985
- [11] Kovács K. Pál: *Villamos gépek tranziens folyamatai*, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1970
- [12] Halász Sándor: *Villamos hajtások*, Havas&Társaság, Budapest, 1987
- [13] Halász Sándor: *Automatizált villamos hajtások I.*, Tankönyvkiadó, Budapest, 1989
- [14] Halász Sándor-Hunyár Mátyás-Schmidt István: *Automatizált villamos hajtások II.*, Műegyetem Kiadó, Budapest, 1998
- [15] K. M. Becker and J. Kaye, "The Influence of a Radial Temperature Gradient on the Instability of Fluid Flow in an Annulus With an Inner Rotating Cylinder," *Journal of Heat Transfer*, vol. 84, no. 2, pp. 106 - 110, 1962.
- [16] D. Annaratone, "Radiation," in *Engineering Heat Transfer*, Milano, Springer, 2010, pp. 139 - 190.
- [17] Drive motor system for electric vehicles—Part 2: Test methods, The Standardization Administration of the People's Republic of China, 2015.
- [18] J. Tang and Y. Liu, "Study of Voltage Spikes and Temperature Rise in Power Module Based Integrated Converter for 48 V 20 kW Electrically Excited Synchronous Machines," in *APEC 2018*, San Antonio, Texas, USA, 2018.
- [19] R. L. Steigerwald, "A Comparison of Half-Bridge Resonant Converter Topologies," *IEEE Transactions on Power Electronics*, vol. 3, no. 2, pp. 174 - 182, 1988.
- [20] V. Ruuskanen, M. Niemela, J. Pyrhonen, S. Kanerva and J. Kaukonen, "Modelling the brushless excitation system for a synchronous machine," *IET Electric Power Applications*, vol. 3, no. 3, pp. 231 - 239, 2009. 137
- [21] H. Ge, J. W. Jiang, J. Ye and A. Emadi, "Behavior Study of Permanent Magnet Synchronous Machines Based on a New Normalized Model," *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 66, no. 10, pp. 7539 - 7550, 2019.
- [22] G. Choi and T. M. Jahns, "Investigation of Key Factors Influencing the Response of Permanent Magnet Synchronous Machines to Three-Phase Symmetrical Short-Circuit Faults," *IEEE Transactions on Energy Conversion*, vol. 31, no. 4, pp. 1488 - 1497, 2016.

Fodor Attila, Sándor Tamás: Villamos motorok hatékonyságának meghatározása a járműsebességből visszszámolással

Műszertechnikai és Automatizálási Tanszék, Elektronikai és Kommunikációs Rendszerek
Intézet, Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar, Óbudai Egyetem,
[1084 Budapest, Tavaszmező utca 17., Budapest, Magyarország]
e-mail: fodor.attila@stud.uni-obuda.hu, sandor.tamas@kvk.uni-obuda.hu

Absztrakt: Kutatásunk ezen szakaszában egy kinematikai eljárást mutatunk be, amellyel a jármű sebessége és a sebességváltóval kiválasztott áttétel mellett az út meredekségének ismeretében meghatározható egy villamos motor hatásfoka. Az így generált keresőtábla később felhasználható Simulink modellezés során, így a hajtáslánc megvalósítása lerövidül, szimulációja pedig a csökkentett számítási igényeknek köszönhetően felgyorsítható.

Kulcsszavak: kinematika, villamos hajtás, gépjárműdinamika, járműhatékonyság

1. Bevezetés

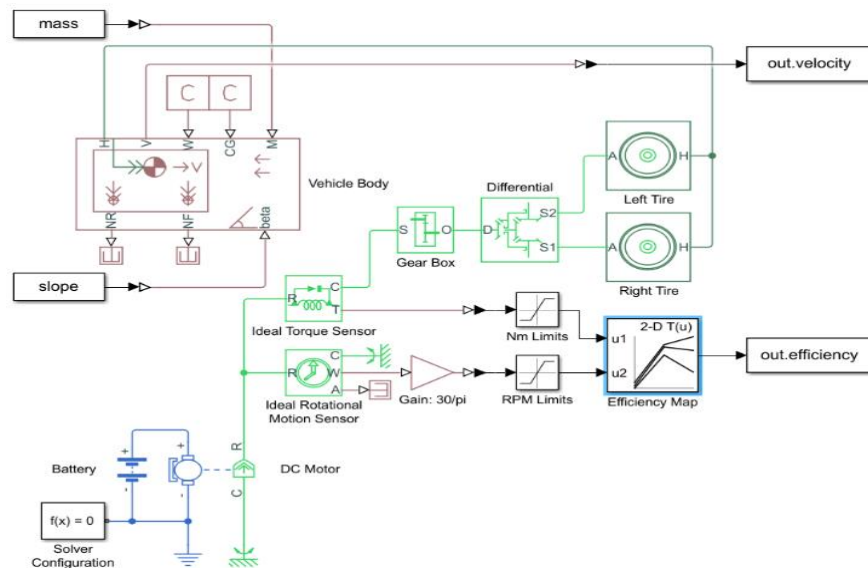
Napjaink egyik legfontosabb kihívásai közé tartozik, hogy csökkentsük a járműveink fogyasztását, növeljük hatékonyságukat és megbízhatóságukat. Ezeknek számos aspektusa és vonatkozása, részleteinek kutatása megjelenik tudományos folyóirat cikkekben: önvezetés, üzemanyagcellák, baleseti statisztikák és okaik [11], vonatok üzemeltetése és a mobil távközlés [6], az okosvárosok nyújtotta információ források [4, 5], intelligens járművek közti kommunikáció [13] sem elhanyagolható témakör. [24]

Kutatásunkban az elektromos ikermotorhajtású buszok fogyasztásának optimalizálása a cél. Bár az elektromos meghajtású személygépjárművek túlnyomó többsége sebességváltó nélkül kerül forgalomba, de egy menetrend szerint közlekedő, elektromos meghajtású autóbusz esetében elengedhetetlen a sebességváltó használata. Ennek egyik oka a elektromos motor hatásfokának lehető legmagasabb értékén történő tartása, ami a tömegközlekedésben résztvevő buszok esetében a nagyon gyakori megállások miatt egy fontos szempont, ugyanis a buszok útvonala buszmegállók sorát érinti [3], így gyorsításra alkalmas egyenes szakaszokon is meg kell állnia.

A személygépjárművek esetén több szempont alapján dönthetnek a gyártók a sebességváltó mellőzése mellett: rekuperációs fékezés lehetőségének fenntartása, a jármű össztömegének csökkentése érdekében vagy előfordulhat, hogy a kerekek önálló hajtással rendelkeznek, így nincs szükség a láncolatra, menetstabilizálás vagy a kerekek állapotának megőrzése [12] érdekében pedig csak egy viszkózus csatolás biztosítja a nyomaték elosztását vagy vektorozását. [8]

A menetrendet követő közlekedésnek van egy hatalmas előnye a személygépjárművekre jellemző „szabad kóborlás” közlekedési profillal szemben: az optimalizációk során rendelkezésre áll az útvonal terv, és annak jellemzői, mint például az útszakasz emelkedése vagy a várható megállások sora, melyet indokolhat éles kanyar, kereszteződés vagy buszmegálló. [10] Ezen forgalmi szituációk következménye, hogy az úthálózatok bejárására [15] hivatott algoritmusok számításigényes futtatására, és eredményeinek elemzésére nincs szükség az intelligens hajtásvezérlés során. Másik előnye, hogy becslés tehető a szükséges üzemanyag- vagy az akkumulátorban tárolt energia mennyiségére, melyet akár napelemes töltőrendszerrel is ki lehet egészíteni. [14]

Korábban megjelent cikkeinkben a járműdinamikai paramétereket a bemenetre kapcsolt menetciklus [20], létrehozásának módszerei [1] alapján szabályozott hajtás szimulációjával határoztuk meg. A hirtelen változó- és az állandó környezeti paraméterek, valamint a járműdinamikai paraméterek is összegyűjtésre kerültek. [16] Az automata sebességváltó működtetéséhez fixen programozott és fuzzy beavatkozó rendszerek is kipróbálásra kerültek. [17]. Elemzések készültek az elektromos motorok fluxusának, nyomatékának és szögsebességének szabályozásáról egy- és kétmotoros környezetben, [18] továbbá a hajtás elemeinek meghibásodási lehetőségeiről. [19]



1. Ábra

Hajtásmodell, melynek futtatását előre kiszámított hatékonysági térképpel lehet felgyorsítani

Mindezek digitális szimulációkkal kerültek elvégzésre, mely nem más, mint egy időbeni folyamat, melyet a számítógép hajt végre. A digitális szimuláció fogalma nem összekeverendő a virtuális szimulációval, ahol 3 dimenziós reprezentációja szerepel egy virtuális környezetben. Digitális szimuláció esetén nem az ábrázolás az elsődleges cél, hanem időbeni fizikai folyamatok megfigyelése, elemzése, azokkal számítások elvégzése. A digitalizációnak köszönhetően lehetőség van a múltba tekintésre, korábbi állapotokra visszatérni, de a rendszer jövőbeni állapotaira is lehet becsléseket tenni (vagy akár előre leszimulálni), így több lehetséges kimenet is megvizsgálható, majd az eredmény algoritmus a gyakorlatban is felhasználható. [9]

A szimulációk felgyorsításának érdekében kidolgozásra került egy eljárás, mellyel meghatározható a beszerelt elektromotor hatékonysága a járműre ható erők összegzéséből, melynek során a motor hatékonysági térképének síkját kifeszítő független változók, azaz a motor belső állapotai (megtermelt nyomaték és fordulatszám) lecserélésre kerültek járműdinamikai paraméterekre és a jármű hajtásának állapotaira. Így a független változók a jármű sebessége és a kiválasztott fokozatváltó áttétel lettek. [2]

A hatékonysági térkép felvételéhez két komponenst kell meghatározni azonos síkon, ezek a forgási sebesség és a motor nyomatéka. Ha az a helyzet, mikor a motor épp annyi nyomatékot termel, mint amekkora a hajtás nyomatékigénye egyensúlyi helyzetként van kezelve, akkor a jármű éppen aktuális sebességéből és a gépjármű dinamikai paraméterek ismeretében felvehető a két komponens: a nyomaték 0 és 550 Nm között, a forgási sebesség pedig 0 és 8000 RPM között.

$$\omega = \frac{v}{r_{dk}}$$

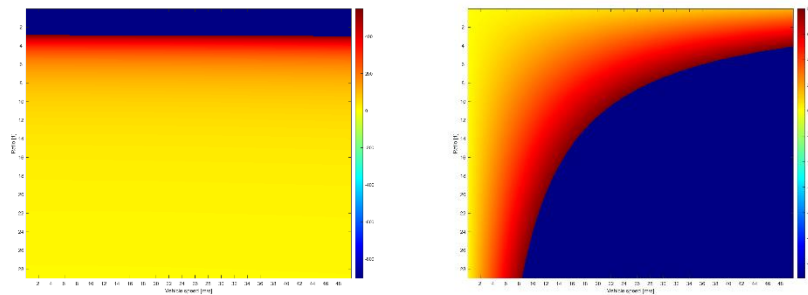
$$M_{igény} = \frac{r_{sk} \cdot (c_1 \cdot A \cdot v^2 + m \cdot (c_2 \cdot \theta'^5 + c_3 \cdot \theta'^3 + c_4 \cdot \theta'^1))}{i_v \cdot i_d}$$

Együttható	Érték
c_1	0.74379
c_2	0.12086
c_3	-2.523
c_4	15.108

2. Ábra

A nyomaték és forgási sebesség kiszámítása a gépjárműdinamika egyenleteiből átrendezett és optimalizált számításigényű műveletek és együtthatók segítségével

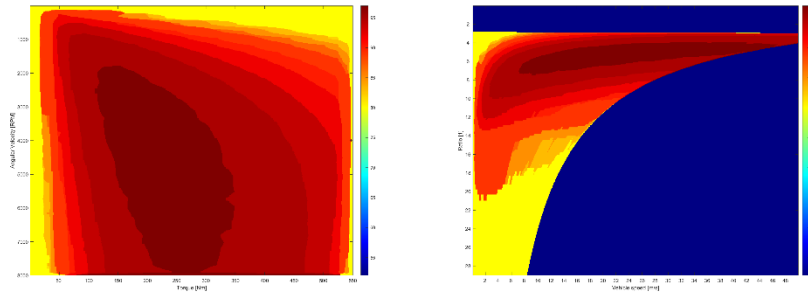
Az értelmezési tartományon kívül eső területek egy előre kiválasztott értékkel kerültek feltöltésre. A maximum és a minimum érték különbségének másfélszerese levonásra került a minimum értékből és ez a kiugróan alacsony szám jelöli, hogy a hatékonyság adott pontban nem értelmezett. Megválasztása önkényesen történt, az egyértelmű ábrázolhatóságot szem előtt tartva.



3. Ábra

Kalkulált nyomaték és forgási sebesség értékek a járműsebesség és az áttételek összerendelésében

A motor adatlapjában [27] megtalálható a gyártó által közölt hatékonysági térkép, melyet képfeldolgozó eljárásokkal be lehet olvasni és bemenetként felhasználni. A forrás hatékonysági térkép a fentebb tárgyalt két komponens független változóként, így minden képponthoz a két komponens megegyező pontja rendelhető. Megfigyelhető, hogy az eredmény hatékonysági térkép örökölte a komponensek értelmezési tartományainak metszetét.



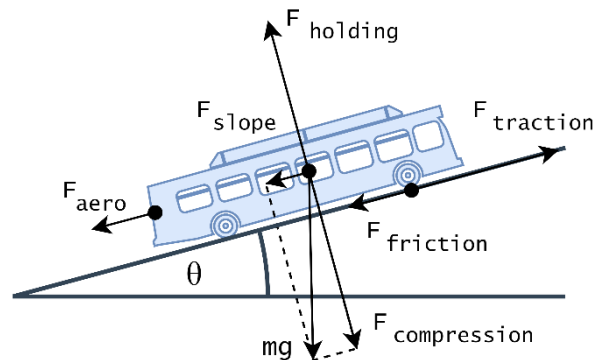
4. Ábra

A bemeneti- (bal) és a kimeneti (jobb) hatékonysági térképek

2. Számítások

2.1 Járműtestre ható erők

Az egyensúlyi helyzet felírásához a gépjárműre ható erőket kell áttekinteni. A vonóerő, ami gyorsítaná a járművet, míg a nyomóerő, az útemelkedésből fakadó erő és az aerodinamikai ellenállás a vonóerő ellen dolgozik, ezért ezek összege adja az eredő erőt, amiből végül meghatározható a gépjármű gyorsulása. Ha ezen erők előjeles összege nulla, akkor a hajtás egyensúlyi helyzetben van. [23]



5. Ábra

Járműtestre ható erők

A jármű gyorsulása az eredő erő és a gépjármű össztömegének a hányadosa, a gyorsulás idő szerinti integráltja pedig a jármű sebessége. Az egyenletrendszer rendezése után a nyomatékigény kifejezhető a hajtás nyomatékigénye, a sebességet elosztva a dinamikus keréksugárral a forgási sebesség is adódik. A kettő szorzata pedig a teljesítmény. [2] Megfigyelhető, hogy a súlyerő az útemelkedésből adódó erő és a nyomóerő kompozíciója, tehát trigonometrikus függvényeket tartalmaz. Ezeket 32 és 64 bites rendszereken CORDIC algoritmussal szokás implementálni [25], viszont a kidolgozás alatt álló algoritmusnak beágyazott rendszereken is működni kell a jövőben, ezért érdemes inkább a 8 és 16 bites rendszereknél használt Taylor-sor alapú közelítést használni. Az út emelkedés szűkös tartományon mozog így, tovább egyszerűsíti a helyzetet, hogy negyedik fokú polinom alkalmazása esetén már 3 tizedesjegy pontossággal közelíthetőek a koszinusz és a szinusz hullámok értékei. [2]

Ami problémát okoz a számítások során és nehezen kioptimalizálható az az algebrai hurok jelensége. Ugyanis a sebesség meghatározása a járműre ható erőkből történik, viszont az útterhelés is és az aerodinamikai ellenállás is négyzetesen függ a jármű sebességétől. Az egyensúlyi helyzet feloldja az utóbbi esetet, viszont az útterhelés meghatározására más módszert kell találni.

2.2 Útterhelés

Az útterhelés 3, a vonóerő ellen dolgozó erőhatás, melyek különböző karakterisztikák szerint függenek a jármű aktuális sebességétől, együttesen egy másodfokú polinomot képezve. [21, 22] Jellemezni 3 együtthatóval szokás, melyek mértékegységei a kiváltott erő és a jármű sebesség megfelelő karakterisztikájának hányadosa. Meghatározásuk csak mérések során közelítéssel lehetséges, felhasználásuk a jármű károsanyag kibocsájtásának meghatározása során, vagy a jármű energia fogyasztásának és így hatékonyságának meghatározása során történik. [10, 12]

Az útterhelés szintén algebrai hurkot okoz a számítások során, akárcsak a jármű sebessége. Feloldására az útterhelés nem, mint kiszámolandó lépés szerepel az algoritmusban, hanem mint futó változó szerepel, aminek köszönhetően nincs több hurok, viszont az eredmény hatékonysági térkép még egy független változóval kiegészül. Járulékos hátránya, hogy ábrázoláskor a kapott képen mozgó munkapont vízszintes irányban (jármű sebesség változásának iránya) nem képes elmozdulni anélkül, hogy ne mozdulna el az újonnan, művileg hozzáadott dimenzióban is. Ez szerencsére csak adatvizualizálásban (és a hatékonysági térkép részeinek előtöltése során) okoz gondot, de nem zavar bele az algoritmus működésébe.

2.3 Jármű tehetetlen tömege

A jármű össztömegének változása igen jelentősen befolyásolja a járműdinamikát, viszont elmondható, hogy jelentős változás csak a megállások alkalmával történik a le- és felszálló utasoknak, továbbá csomagjainak köszönhetően.

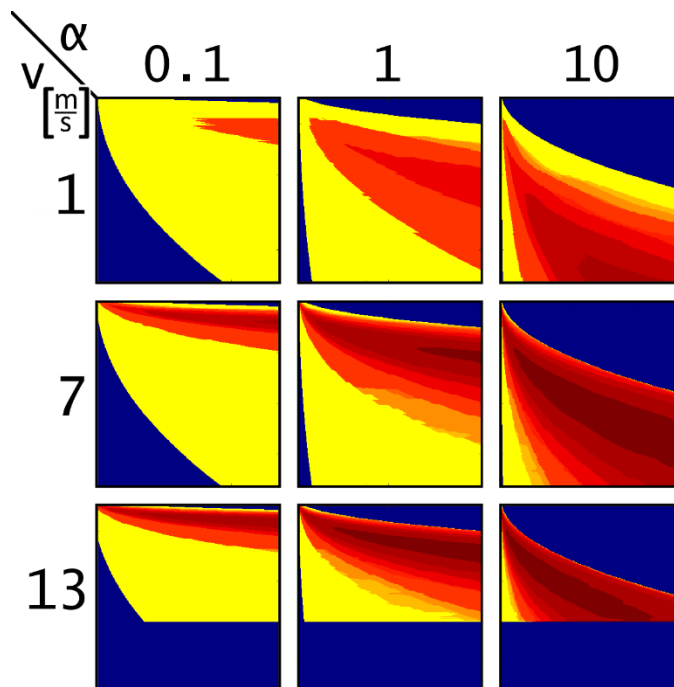
Bár a számítások során a teljes busz pontszerű testként volt kezelve, a jármű tervezésekor fontos szempont a jármű tehetetlen tömegét adó testek elrendezése, ugyanis tehetetlenséggel rendelkeznek, ezzel befolyásolják nem csak a hajtás nyomatékigényét, de a vezetési stílust is. Ez nem csak az utasok helyzetére, hanem az akkumulátorok elrendezésére is épp úgy vonatkozik, hiába lenne elegendő hely a jármű mennyezetén az energiatárolók elrendezésére, a tömegközépponttól távolra elhelyezett tehetetlen tömeg nehezen kormányozhatóvá vagy akár borulékonyá is teheti a járművet.

Sajnos a 4. ábrán látható hatékonysági térkép már önállóan egy 3 dimenziós összerendelés, annak ellenére, hogy a színek nyújtotta ábrázolási lehetőség miatt a síkra van leképezve. Kiterjeszteni egy képzett útterhelési együttható és a tehetetlen tömeg tengelyével csak a dimenziószám növelésével lehet, melyet érzékelni és felfogni az ember képtelen, de képzelőereje és kreativitása alkalmas magasabb dimenziószámok esetén is absztrakt matematikai műveletek értelmezésére. [7]

Az alábbi ábrán a jármű tömege, mint futó változó 50 kg és az Ikarus 415 maximális össztömege, azaz 16200kg között mozog, a másik független változó itt is az áttétel értéke. Megfigyelhető, hogy a jármű nyomatékigénye a növekszik az össztömeg függvényében.

A külső tengelyek közül a függőlegesen a járműsebesség látható 6 m/s léptékkel. Ahogyan növekszik a sebesség, úgy csökken a maximális áttétel érték, ennek a villamos motor maximális fordulatszám az oka. A változás karakterisztikája az előző ábrákon megfigyelhető.

Az útterhelés értéke az alfával jelölt külső vízszintes tengelyen látható dekád osztással. Ez az érték a számítások során egy negyedfokú polinom két páros kitevőjű tagjának együtthatóját paraméterezi és egy nulladik fokú tag együtthatójaként is szerel. Ez a karakterisztika a hatékonysági térkép legalacsonyabb és legmagasabb áttétel értékeinél, mint burkológörbe jelenik meg.



6. Ábra

Az 5 dimenziós hatékonyság egy formája

Záró gondolatok

Kinematikai eljárással a gépjármű sebességéből, az út emelkedéséből, a jármű össztömegéből és az útterhelési együtthatóból meghatározásra került egy villamosmotor hatékonysága.

Az algebrai hurkok feloldása miatt, továbbá a hajtás paramétereinek az újra konfigurálhatóságát támogatva az újonnan generált hatékonysági térkép magasabb dimenziószámmal rendelkezik, mint az eredeti, így tárolása és áttekintése is összetett feladat.

A szimulációk során kiderült, hogy egy tömegközlekedésben részt vevő busz járműdinamikai paraméterei dinamikusan változnak a használata során és forgalomtól függően több időt tölthet alacsony hatásfokú állapotban, mintha a személyautókra jellemző utazási profillal közlekedne azonos útvonalon, ezért fokozatváltó használata indokolt.

A forráskutatás során számos, a témakört különböző szempontokból elemző (meghibásodásokat, emberi tényezőket, járműdinamikát, elektronikát és kommunikációs megoldásokat elemző publikációk) dokumentum áttekintésre került, a megoldandó probléma multidiszciplináris és még rengeteg megoldandó kérdést hordoz, mely további kutatások alapjául szolgálhat.

Köszönetnyilvánítás

Szeretném megköszönni konzulensemnek, Sándor Tamás tanárúrnak, hogy bevezetett a kutatók világába azzal, hogy meghívott kutatási projektjébe és azt, hogy folyamatosan figyelemmel kíséri tevékenységemet. Köszönet a többi, a kutatási projektben részt vevő hallgatónak a közös ötletelésekért és a modellezésben nyújtott segítségért.

Köszönöm a családomnak a folyamatos támogatást és azt, hogy utazásaik alkalmával részt vettek az adatgyűjtésekben.

AZ INNOVÁCIÓS ÉS TECHNOLÓGIAI MINISZTERIUM ÚNKP-22-1 KÓDSZÁMÚ ÚJ NEMZETI KIVÁLÓSÁG PROGRAMJÁNAK A NEMZETI KUTATÁSI, FEJLESZTÉSI ÉS INNOVÁCIÓS ALAPBÓL FINANSZÍROZOTT SZAKMAI TÁMOGATÁSÁVAL KÉSZÜLT.

Források

- [1] A. Fodor and T. Sandor: "Study of vehicle dynamic properties and gear shifting mechanism of electric vehicles", 2021 IEEE 4th International Conference and Workshop Óbuda on Electrical and Power Engineering (CANDO-EPE), 2021, pp. 177-180, doi: 10.1109/CANDO-EPE54223.2021.9667815.
- [2] A. Fodor and T. Sandor: "Calculating the efficiency of an electric motor from the speed of the vehicle and the slope of the road", unpublished.
- [3] A. Fodor and T. Sandor: "Development of a Drivecycle-based Twin Drive Control Procedure to Increase the Efficiency of Electric Motors", unpublished.
- [4] D. Borsos and L. Berek: "Challenges of LoRaWAN Technology in Smart City Solutions", Interdisciplinary Description of Complex Systems (INDECS), 20(1), 1-10, 2022, doi: 10.7906/indecs.20.1.1
- [5] D. M. Kozma, Á. Kohanecz and D. Borsos: "LoRaWan hálózat stabilitás vizsgálata különböző környezeti viszonyok mellett", Budapest, Magyarország: Óbudai Egyetem, Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar (2021) 138 p. pp. 41-50. , 10 p.
- [6] A. Bódi and D. Maros: "Az 5G és a közlekedés digitalizációja", Budapest, Magyarország: Doktoranduszok Országos Szövetsége (DOSZ) 273 p. pp. 55-65. , 11 p.
- [7] J. Tar, B. Varga, P. Galambos, L. Szűcs, M. Siket, Á. Varga, Gy. Eigner, L. Kovács: "Abstraction in teaching ways of control engineering to support the understanding of mathematics behind Industry 4.0 – a Hungarian approach", IFAC PAPERSONLINE 55 : 17 pp. 230-235. , 6 p. (2022), doi: 10.1016/j.ifacol.2022.09.284
- [8] L. Zhang, L. Li, C. Lin, C. Wang, B. Qi, J. Song: "Coaxial-coupling traction control for a four-wheel-independent-drive electric vehicle on a complex road", Proc IMechE Part D: Journal of Automobile Engineering 2014, Vol. 228(12) 1398-1414, doi: 10.1177/0954407014529941
- [9] P. Baranyi, Á. Csapó, T. Budai, Gy. Wersényi: "Introducing the Concept of Internet of Digital Reality – Part I", ACTA POLYTECHNICA HUNGARICA 18 : 7 pp. 225-240. , 16 p. (2021), doi: 10.12700/APH.18.7.2021.7.12
- [10] J. Békési, A. Nagy: "Combined Vehicle and Driver Scheduling with Fuel Consumption and Parking Constraints: a Case Study", ACTA POLYTECHNICA HUNGARICA 17 : 7 pp. 45-65. , 21 p. (2020), doi: 10.12700/APH.17.7.2020.7.3
- [11] Zs. Cs. Horváth, L. Buics, P. Földesi, B.E.Balassa: "The Role of Hungarian Traffic Rules Education and Examination System – a Quality Function Deployment Approach", ACTA POLYTECHNICA HUNGARICA 19 : 7 pp. 7-26. , 20 p. (2022)
- [12] M. Kazemian, F. Astaraki, A. Mohammadidoost, M. Akbarivarmaziar, M. M. Rad and Sz. Fischer, "Effects of Wheel Surface Defects on Ground Borne Vibration" Acta Polytechnica Hungarica Vol. 19, No. 6, 2022
- [13] G. Kovács, Á. Hőgye-Nagy, Gy. Kurucz: "Human Factor Aspects of Situation Awareness in Autonomous Cars – An Overview of Psychological Approaches", ACTA POLYTECHNICA HUNGARICA 18 : 7 pp. 7-24. , 18 p. (2021), doi: 10.12700/APH.18.7.2021.7.1
- [14] I. Nagy: "Hierarchical Mapping of an Electric Vehicle Sensor and Control Network", ACTA POLYTECHNICA HUNGARICA 18 : 9 pp. 161-180. , 20 p. (2021), doi: 10.12700/APH.18.9.2021.9.10
- [15] T. Péter, A. Hány, F. Szauter, K. Szabó, T. Vadvári, I. Lakatos: "Analysis of Network Traversal and Qualification of the Testing Values of Trajectories", ACTA POLYTECHNICA HUNGARICA 18 : 10 pp. 151-171. , 21 p. (2021), doi: 10.12700/APH.18.10.2021.10.8
- [16] H. Bertold János and S. Tamás, "The role of traffic effects and environmental effects in optimizing the consumption of an electric bus," 2021 IEEE 4th International Conference and Workshop Óbuda on Electrical and Power Engineering (CANDO-EPE), 2021, pp. 187-192, doi: 10.1109/CANDO-EPE54223.2021.9667879.
- [17] S. K. Somogyi and T. Sándor, "Efficiency optimization of electric buses through transmission control," 2021 IEEE 4th International Conference and Workshop Óbuda on Electrical and Power Engineering (CANDO-EPE), 2021, pp. 181-186, doi: 10.1109/CANDO-EPE54223.2021.9667803.

- [18] I. Bendiák and T. Sándor, "Comparison of the propulsion of electric vehicles for passenger cars and buses in terms of efficiency optimization," 2021 IEEE 4th International Conference and Workshop Óbuda on Electrical and Power Engineering (CANDO-EPE), 2021, pp. 173-176, doi: 10.1109/CANDO-EPE54223.2021.9667858.
- [19] I. Bendiák, "Analysis of Shaft Alignment Fault of Asynchronous Motors by Current Signature Method," 2021 IEEE 4th International Conference and Workshop Óbuda on Electrical and Power Engineering (CANDO-EPE), 2021, pp. 59-64, doi: 10.1109/CANDO-EPE54223.2021.9667871.
- [20] Á. Zsuga and A. Dineva, "Review and Conceptual Design of FPGA-based Application for Data-Driven Power Electronic Systems," 2021 17th Conference on Electrical Machines, Drives and Power Systems (ELMA), 2021, pp. 1-4, doi: 10.1109/ELMA52514.2021.9503033.
- [21] Komnos, D.; Broekaert, S.; Grigoratos, T.; Ntziachristos, L.; Fontaras, G. "In Use Determination of Aerodynamic and Rolling Resistances of Heavy-Duty Vehicles". Sustainability 2021, 13, 974. doi: 10.3390/su13020974
- [22] J. Kühlwein, "The Impact of official versus Real-World Road Loads on CO2 emissions and Fuel consumption of European passenger cars", ICCT The International Council on Clean Transportation, May 2016
- [23] C. Larouci, A. Chaibet and M. Boukhnifer, "A Vehicle Transmission Simulator Applied to the Automated Driving," VTC Spring 2009 - IEEE 69th Vehicular Technology Conference, 2009, pp. 1-5, doi: 10.1109/VETECS.2009.5073353
- [24] D. Tokody, J. I. Mezei and Gy. Schuster, "Autonomous Intelligent Vehicles in Europe", 1 January 2016, oai:ojs.ek.szte.hu:article/12720
- [25] K. J. Lin and C. C. Hou, "Implementation of trigonometric custom functions hardware on embedded processor," 2013 IEEE 2nd Global Conference on Consumer Electronics (GCCE), 2013, pp. 155-157, doi: 10.1109/GCCE.2013.6664782.
- [26] Green NCAP Driving resistance test procedure, Version 1.0.0 February 2019
- [27] Parker Global Vehicle Motors GVM Series, Technical Manual, PVD 3668\GB, November 2016

Bendiák István, Sándor Tamás: utóbuszok villamos hajtásának összehasonlítása és optimalizálása

Óbudai Egyetem, Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar, Automatizálási és Energiarendszerek Intézet, Automatika Tanszék, bendiak.istvan@uni-obuda.hu

Óbudai Egyetem, Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar, Elektronikai és Kommunikációs Rendszerek Intézet, Műszertechnikai és Automatizálási Tanszék, sandor.tamas@uni-obuda.hu

Absztrakt: A pályamunka témája hatékonyság optimalizálása villamos hajtású járművek számára, amely minden környezeti szempontot figyelembe vesz, ami befolyásolja hatásfok javítását. Számos tényezőnek kell figyelni a jármű mozgása közben, amelyek csökkentik ezt a tényezőt. A téma széles mivolta miatt elsősorban városi autóbuszokra koncentrálnak a vizsgálat. A szakterület tág nemzetközi szakirodalommal rendelkezik, amellyel összhangban követtük a munkafolyamatát.

1. Bevezető

Napjainkban az energiahatékony közlekedés kérdése egyre kiemeltebb szerepet kap. A villamos hajtások rohamos fejlődését követni sem egyszerű feladat. A dolgozat célja egy szegmens terület kiemelését az összetett terület optimalizálási kérdéseiből. A téma központi célterülete rendkívül széles, [1-26] emiatt elsősorban városi autóbuszokra koncentrálnak a számítások. A szakterület tág nemzetközi szakirodalommal [1-26] rendelkezik, amellyel összhangban követtük a munkafolyamatát.

2. Tranziens üzem, indukált feszültség és fluxusszámítás, modellezési elképzelések

A villamos gép hajtás modellezésének „elkezdésekor” egyenáramú és váltakozó áramú számítási módszereket is használtunk. Egyenáramú gépek tárgyalásának oka az egyszerű áttekinthetőség, viszont csak alapként alkalmaztuk. Az armatúra fluxus számítása kétféleképpen lehetséges:

- A feszültség időszerinti integrálja a fluxus (Ψ).
- A fluxus időszerinti deriváltja az indukált feszültség (U_i).

A feszültség időszerinti integrálja:

Általánosan felírva:

$$\Psi = \int_0^t U dt$$

Ezt átírva a kapocsfeszültségre:

$$\Psi = \int_0^t U_k dt$$

Ami nem ad teljesen helyes eredményt, mert az armatúra feszültségését le kell vonni belőle, vagyis:

$$\Psi = \int_0^t (U_k - I_a \cdot R_a) dt$$

Ami az indukált feszültség időszerinti integrálját adja, vagyis:

$$\Psi = \int_0^t U_i dt$$

Indukált feszültség vesz részt a hasznos nyomaték képzésében.

A fluxus időszerinti deriváltja:

Általánosan felírva:

$$u_{(t)} = I_{a(t)} \cdot R_a + \frac{d\Psi_{(t)}}{dt}$$

Átírva a kapcsolófeszültségre:

$$u_{k(t)} = I_{a(t)} \cdot R_a + \frac{d\Psi_{(t)}}{dt}$$

Indukált feszültség szerint (Lenz-törvényt figyelembe véve):

$$u_{i(t)} = \left(- \frac{d\Psi_{(t)}}{dt} \right)$$

Ami egyben azt is jelenti, hogy a fluxus megváltozása okozhat olyan feszültségcsúcsokat, amelyek károsíthatják a szigetelésrendszert, illetve frekvenciaváltós üzem egyféle „impulzus-szerű” állapotnak tekinthető. Ha a tervezett motor szigetelésének kialakításakor a stacionárius állapot vették alapul, akkor problémát okoz vagy korai meghibásodást, vagyis átütést, ami az esetek többségében a tekercsfejen szokott keletkezni.

A kétmódszer felírva újra:

$$\Psi = \int_0^t U_i dt$$
$$u_{i(t)} = \left(- \frac{d\Psi_{(t)}}{dt} \right)$$

Méréstechnikai szempontból feszültséget és áramot mérek és ebből levonva az állórész feszültségését lehet számolni az indukált feszültséget, majd integrálva meg lehet kapni a gép fluxusát (Ψ -főfluxus (motor teljes fluxusa, szórást elhanyagolva)).

A korábbi képlet szerint felírva az armatúrára:

$$\Psi_{\text{armatura}} = \int_0^t (U_k - I_a \cdot R_a) dt$$

Indukált feszültségre kifejezve:

$$\Psi_{\text{armatura}} = \int_0^t U_i dt$$

A modell készítés során alapvető fontosságú a fluxus folyamatos számítása. A LabView folyamatosan figyeli a motor feszültség viszonyait.

Egyenáramú gépek tranziens állapotra vonatkozó feszültségegyenlete

$$u_{k(t)} = u_{i(t)} + i_{a(t)} \cdot R_a + L_a \cdot \frac{di_{a(t)}}{dt}$$

Vagy a tekercs fluxussal kifejezve N-menetszámra (R_a -armatúra ellenállás):

$$u_{k(t)} = u_{i(t)} + i_{a(t)} \cdot R_a + N \cdot \frac{d\phi(t)}{dt}$$

A menetszámot természetesen az esetek többségében nem ismerjük, ezért:

$$u_{k(t)} = i_{a(t)} \cdot R_a + \frac{d\Psi(t)}{dt}$$

Ψ -alatt a teljes tekercs fluxust értve, a szórásokat elhanyagolva. A LabView-modell folyamatosan számítja a fluxust a nyomatékképzéshez.

A szórási reaktanciák változása miatt elég nagy bizonytalanságot tud okozni valós mérés esetén. Egyenáramú gépek tranziens nyomatékegyenlete:

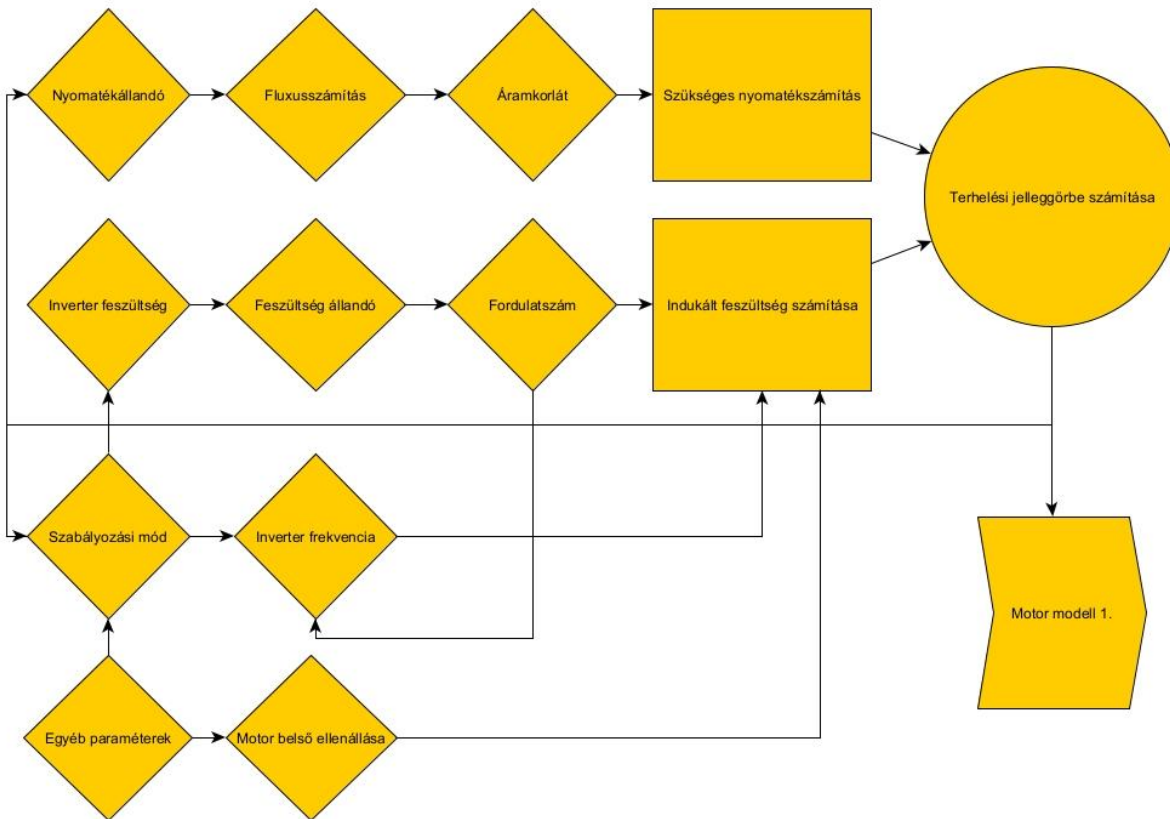
$$m_{(t)} = k_m \cdot \phi \cdot i_{a(t)}$$

A „kis” betűs jelölések a tranziens üzemre utalnak (ϕ -gép fluxusa, k_m -nyomatéki állandó).

Állandó fluxusú egyenáramú motor differenciálegyenlete elektromechanikai és villamos időállandókkal.

3. Iker-szinkron gép hajtás bevezető mérési koncepciója

A buszhajtás számításának kezdeti szakaszában három feszültségcsatornát és négy áramcsatornát tudunk használni. Szabályozási elképzelések (3.1. ábra):



3.1. ábra. Iker-szinkron gép hajtás mérési elképzelése.

Állandó fluxusra szabályozás

Változó fluxusra szabályozása

Állandó áramra való szabályozás

Állandó szögsebességre való szabályozás

Állandó nyomatékra történő szabályozás

Állandó tartományú (adott területet át nem lépő) $M \cdot \omega$ -ra való szabályozás

A felsorolt lehetőségek megvalósítása a következő további jellemzőket követeli meg:

A felsorolt paramétereket csoportosítani kell prioritás szerint!

Ha állandó fluxus, akkor feszültségtartalékot kell képezni!

A feszültségtartalék a névleges érték felett tartósan nem növelhető!

A névleges feszültség alatt lehet tartalékot képezni, de egyébként csökkent fluxussal dolgozik a gép.

Az áramkorlát mértéke rontja a szinkron gép szabályozási jellemzőit.

Milyen megoldást lehet találni?

Ha intelligens áramkorlátozás kell megvalósítani, akkor egy összetett szabályozási feladatot kell először létrehozni. Ez a folyamat előkészíti a magasabb szintű adaptív alapú beavatkozási lehetőséget. Az áramkorlát beállításához motoridentifikációt kell végezni.

A motor adatokat minden esetben megkapja az inverter is, illetve szabályzó kör felhasználja az irányítási feladat előkészítéséhez.

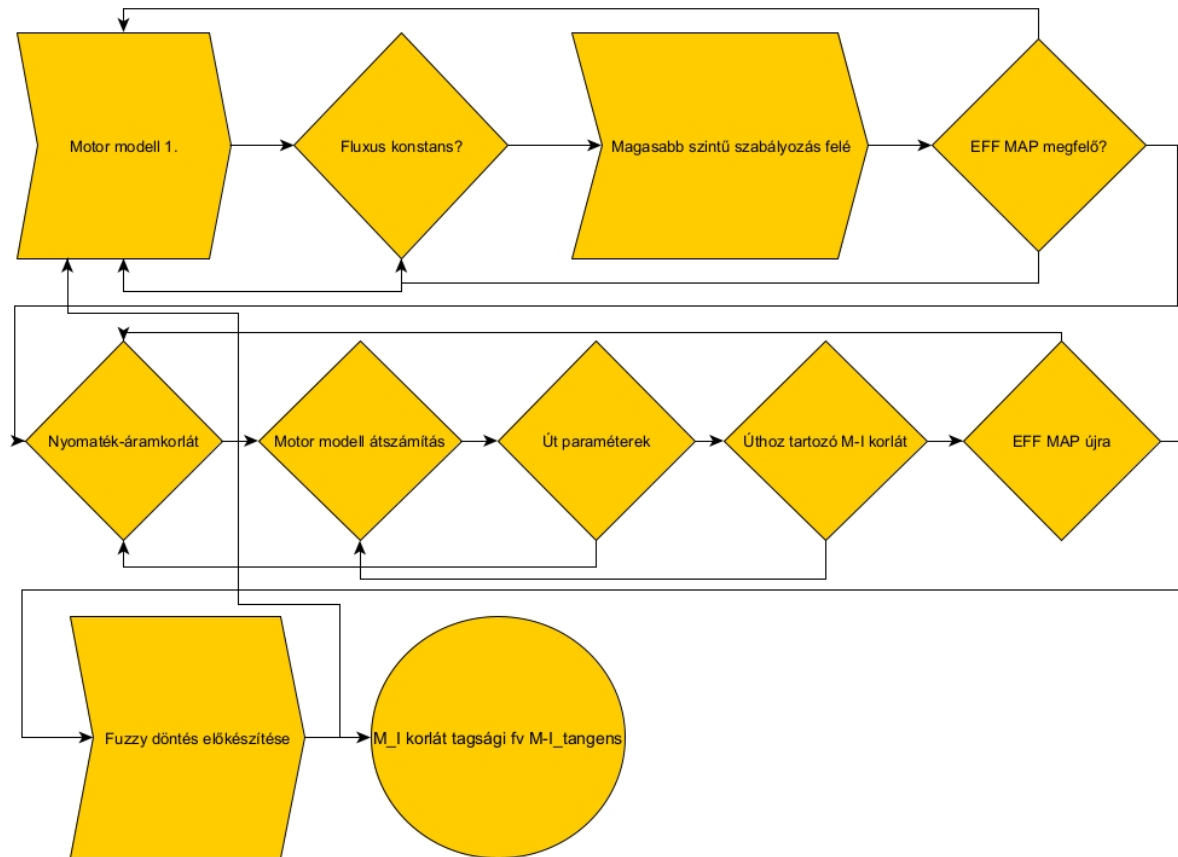
- Szabályozási mód
- Nyomatékállandó
- Áramkorlát vagy áramhatár beállítása
- Inverter feszültségszint megválasztása
- Inverter frekvencia beállítása
- Feszültség állandó
- Motor belső ellenállása
- Egyéb paraméterek: pl.: hőmérséklet

Ennek alapján történik egy motor paraméterszámítás, amely magába foglalja az összes olyan jellemzőt, amely a motor modell felállításához szükséges.

4. Villamos hajtásrendszer identifikáció több villamos hajtás szabályozása esetén

A villamos hajtású járművek esetén a menetciklushoz tartozó adatokat át kell számítani a motor által generált adatokkal összehangban. Ennek egy példáját mutatja a 4.1. ábra.

A hajtómotorok nem egyedül és nem kizárólagos szabályozási ciklusokban vannak, ezért az ábra szerinti láncszámítása egy motor vagy két motor optimalizálási adataiból elindítva.



4.1. Motormodell és útparaméterek összehangolt számítása.

Ennek a folyamatnak a célja az, hogy a terhelési jelleggörbe szakaszához mindig a legközelebb álljon a választott áramkorlát, vagyis a motor ne „essen ki” az optimális hatásfoktartományból.

Ennek több befolyásoló tényezője is van.

A működés során keletkező veszteségek és annak a járműmenet időintervallumához történő egyeztetés nélkül nem lehetséges hatásfokoptimalizálás. Busz esetén jármű tömege széles tartományban változik, tehát a motorok szabályozásának ezt több ezer kg ingadozást is követniük kell. Ez az algoritmus feladata, amely kutatás alapját képezi. A járműbiztonsági követelmények mint pl. a gyorsuláskorlát, aminek a beállítása más a változó tömeg miatt folyamatos feladatot jelent, amely integrált részét a képezi a hajtásszabályozásnak.

5. Összefoglalás

A tudományos szakirodalmak széleskörben tárgyalja [1-26] a szinkron gépek és reluktancia gépek efficiency map felvételének változatait, valamint összefüggésbe hozzák a gépkonstrukcióval.

A hatásfok-orientált beavatkozással szinkronban lévő nyomaték-áramkorlát fokozott követelményt jelent a terhelési jelleggörbe-sereg számítása és kiválasztása esetén.

Jelen állás szerint a LabView modell segítségével, olyan számítás létrehozására volt szükség, amely alkalmas arra, hogy kiszámítsa azt a fluxus értéket, amit a nyomatékképzéshez

biztosítani kell. A tudományos publikációk is vizsgálják ezt a tartományt a mezőgyengítéssel együtt. A jármű gyorsítónyomatékának csökkentésének következtében elérhető ez a rész, de a busz esetében a gyorsuláskorlátozás miatt nem feltétlenül mérvadó szempont.

Az ikerhajtásra kidolgozott előre számolt nyomaték-áramigény segíti a következő ciklus áramkorlátjának beállítását. Az áramkorlát itt nem a tranzien্স jelenségekre vonatkozik, hanem a két hajtómotor teljesítmény összehangolásának felmérésére.

Fluxusszámító LabView modell: A modellalkotás fontos szerepét képezte az állandó fluxusra való szabályozás, amely vizsgálja a fluxustartalék meglétét is. A fluxustartalék azt jelenti, hogy gépben jelenlévő fluxust és annak változását pl. mekkora feszültség beavatkozással lehet fenntartani. Ha van tartalék, milyen határig lehet növelni, vagy ha túlforszírozásban van a gép, akkor visszaállítani, ez a folyamat gépfüggő. A szinkron gép paraméterei határozzák meg, hogy ez milyen mértékben engedhető meg. Ikerhajtás előnye, hogy a két motor képes egymástól terhelést átvenni, így az említett folyamat mérsékelhető.

6. Irodalomjegyzék

- [1] K. Sundaresan and N. R. Mahapatra, "Value-Based Bit Ordering for Energy Optimization of On-Chip Global Signal Buses," Proceedings of the Design Automation & Test in Europe Conference, 2006, pp. 1-2, doi: 10.1109/DATE.2006.243997.
- [2] J. Zhang, Q. Wu and Q. Qiu, "Bus encoding for simultaneous delay and energy optimization," Proceeding of the 13th international symposium on Low power electronics and design (ISLPED '08), 2008, pp. 209-212, doi: 10.1145/1393921.1393976.
- [3] D. Liu and S. Chen, "Optimization methodology of bus network along metro corridors based on key performance indicators analysis," 7th Advanced Forum on Transportation of China (AFTC 2011), 2011, pp. 79-85, doi: 10.1049/cp.2011.1381.
- [4] M. Gao and J. Du, "Design method of energy management strategy for range-extended electric buses based on convex optimization," 2016 11th International Forum on Strategic Technology (IFOST), 2016, pp. 286-290, doi: 10.1109/IFOST.2016.7884249.
- [5] K. Gkiotsalitis and N. Maslekar, "Improving Bus Service Reliability with Stochastic Optimization," 2015 IEEE 18th International Conference on Intelligent Transportation Systems, 2015, pp. 2794-2799, doi: 10.1109/ITSC.2015.449.
- [6] H. Bertold János and S. Tamás, "The role of traffic effects and environmental effects in optimizing the consumption of an electric bus," 2021 IEEE 4th International Conference and Workshop Óbuda on Electrical and Power Engineering (CANDO-EPE), 2021, pp. 187-192, doi: 10.1109/CANDO-EPE54223.2021.9667879.
- [7] A. Fodor and T. Sandor, "Study of vehicle dynamic properties and gear shifting mechanism of electric vehicles," 2021 IEEE 4th International Conference and Workshop Óbuda on Electrical and Power Engineering (CANDO-EPE), 2021, pp. 177-180, doi: 10.1109/CANDO-EPE54223.2021.9667815.
- [8] I. Bendiák and T. Sándor, "Comparison of the propulsion of electric vehicles for passenger cars and buses in terms of efficiency optimization," 2021 IEEE 4th International Conference and Workshop Óbuda on Electrical and Power Engineering (CANDO-EPE), 2021, pp. 173-176, doi: 10.1109/CANDO-EPE54223.2021.9667858.
- [9] S. K. Somogyi and T. Sándor, "Efficiency optimization of electric buses through transmission control," 2021 IEEE 4th International Conference and Workshop Óbuda on Electrical and Power Engineering (CANDO-EPE), 2021, pp. 181-186, doi: 10.1109/CANDO-EPE54223.2021.9667803.
- [10] M. Muteba, "Dual Stator Dual Rotor Interior Permanent Magnet Synchronous Motor for Hybrid Electric Vehicles," 2020 IEEE Transportation Electrification Conference & Expo (ITEC), 2020, pp. 462-465, doi: 10.1109/ITEC48692.2020.9161707.

- [11] T. Imakawa, K. Chimata, N. Hoshi, A. Chiba, M. Takemoto and S. Ogasawara, "Characteristic measurements of switched reluctance motor on prototype electric vehicle," 2012 IEEE International Electric Vehicle Conference, 2012, pp. 1-8, doi: 10.1109/IEVC.2012.6183265.
- [12] Motoki Takaeno, Akira Chiba, Nobukazu Hoshi, Satoshi Ogasawara, "Power and Efficiency Measurements and Design Improvement of a 50kW Switched Reluctance Motor for Hybrid Electric Vehicles", Energy Conversion Congress and Exposition, pp.1495-1501, 2011.
- [13] B. V. Ravi Kumar, K Sivakumar and S. Karunanidhi, "A new Dual Stator-Dual Rotor Switched Reluctance Motor for Electric vehicle propulsion", 2018 IEEE International Conference on Power Electronics Drives and Energy Systems (PEDES), pp. 18-21, Dec. 2018.
- [14] S. Stipetic and J. Goss, "Calculation of efficiency maps using scalable saturated flux-linkage and loss model of a synchronous motor," 2016 XXII International Conference on Electrical Machines (ICEM), 2016, pp. 1380-1386, doi: 10.1109/ICELMACH.2016.7732704.
- [15] Li Qi, Fan Tao, Wen Xuhui, Tai Xiang, Li Ye and Zhang Guangzhen, "Modeling of the efficiency MAP of surface permanent magnet machine for electrical vehicles," 2013 International Conference on Electrical Machines and Systems (ICEMS), 2013, pp. 1222-1225, doi: 10.1109/ICEMS.2013.6713361.
- [16] M. H. Mohammadi and D. A. Lowther, "A computational study of efficiency map calculation for synchronous AC motor drives including cross coupling and saturation effects," 2016 IEEE Conference on Electromagnetic Field Computation (CEFC), 2016, pp. 1-1, doi: 10.1109/CEFC.2016.7816154.
- [17] M. Hafner, T. Finken, M. Felden and K. Hameyer, "Automated Virtual Prototyping of Permanent Magnet Synchronous Machines for HEVs," in IEEE Transactions on Magnetics, vol. 47, no. 5, pp. 1018-1021, May 2011, doi: 10.1109/TMAG.2010.2091675.
- [18] S. Stipetic, J. Goss, D. Zarko and M. Popescu, "Calculation of Efficiency Maps Using a Scalable Saturated Model of Synchronous Permanent Magnet Machines," in IEEE Transactions on Industry Applications, vol. 54, no. 5, pp. 4257-4267, Sept.-Oct. 2018, doi: 10.1109/TIA.2018.2837672.
- [19] W. Jiang, S. Feng, Z. Zhang, J. Zhang and Z. Zhang, "Study of Efficiency Characteristics of Interior Permanent Magnet Synchronous Motors," in IEEE Transactions on Magnetics, vol. 54, no. 11, pp. 1-5, Nov. 2018, Art no. 8108005, doi: 10.1109/TMAG.2018.2847328.
- [20] P. Zheng, R. Liu, Q. Wu, C. Tong and Z. Tang, "Compound-structure permanent-magnet synchronous machine used for HEVs," 2008 International Conference on Electrical Machines and Systems, 2008, pp. 2916-2920.
- [21] M. Novak, J. Novak and Z. Novak, "Methodology for efficiency mapping of permanent magnet synchronous motors," 2017 19th International Conference on Electrical Drives and Power Electronics (EDPE), 2017, pp. 205-210, doi: 10.1109/EDPE.2017.8123234.
- [22] K. Li, A. Bouscayrol, S. Cui and Y. Cheng, "A Hybrid Modular Cascade Machines System for Electric Vehicles Using Induction Machine and Permanent Magnet Synchronous Machine," in IEEE Transactions on Vehicular Technology, vol. 70, no. 1, pp. 273-281, Jan. 2021, doi: 10.1109/TVT.2020.3047219.
- [23] Q. Li, T. Fan, Y. Li, Z. Wang, X. Wen and J. Guo, "Optimization of external rotor surface permanent magnet machines based on efficiency map over a target driving cycle," 2017 20th International Conference on Electrical Machines and Systems (ICEMS), 2017, pp. 1-5, doi: 10.1109/ICEMS.2017.8055991.
- [24] A. Rassolkin, H. Heidari, A. Kallaste, T. Vaimann, J. P. Acedo and E. Romero-Cadaval, "Efficiency Map Comparison of Induction and Synchronous Reluctance Motors," 2019 26th International Workshop on Electric Drives: Improvement in Efficiency of Electric Drives (IWED), 2019, pp. 1-4, doi: 10.1109/IWED.2019.8664334.
- [25] S. Müller and N. Parspour, "Applying a Measurement-Based Iron Loss Model to an Efficiency Optimized Torque Control of an Electrically Excited Synchronous Machine," 2020 International Conference on Electrical Machines (ICEM), 2020, pp. 779-785, doi: 10.1109/ICEM49940.2020.9271029.
- [26] S. Ferrari, P. Ragazzo, G. Dilevrano and G. Pellegrino, "Flux-Map Based FEA Evaluation of Synchronous Machine Efficiency Maps," 2021 IEEE Workshop on Electrical Machines Design, Control and Diagnosis (WEMDCD), 2021, pp. 76-81, doi: 10.1109/WEMDCD51469.2021.9425678.

Bendiák István, Dr. Semperger Sándor: Aszinkron motorok mechanikai eredetű hibáinak elemzése áramjelalak-analízis módszerével

Óbudai Egyetem, Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar, Automatizálási és Energiarendszerek Intézet, Automatika Tanszék, bendiak.istvan@uni-obuda.hu

Óbudai Egyetem, Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar, Automatizálási és Energiarendszerek Intézet, Automatika Tanszék, semperger.sandor@uni-obuda.hu

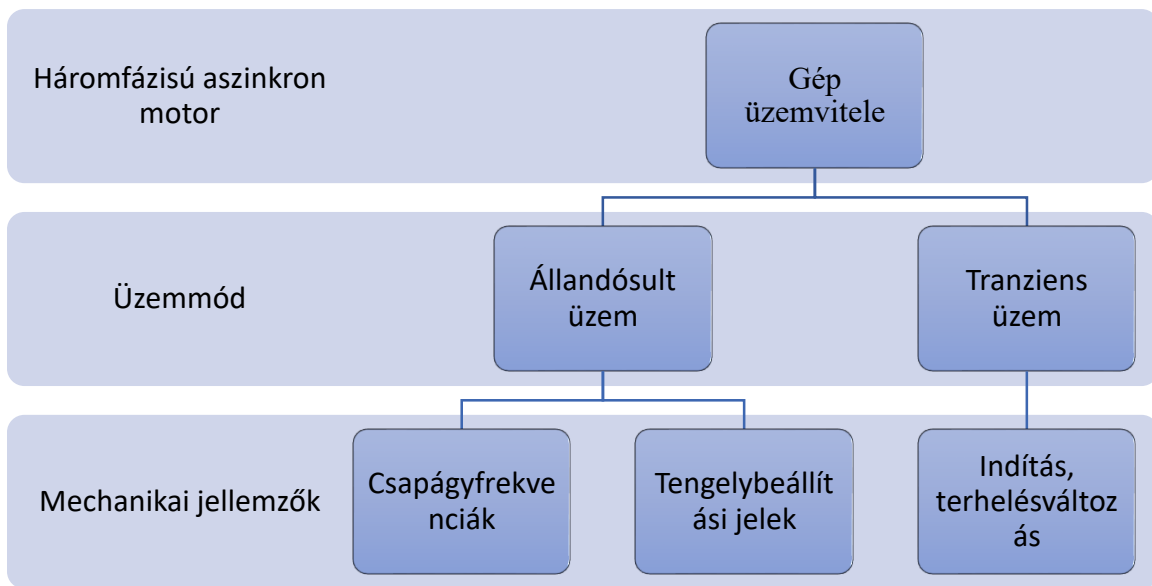
Absztrakt: Napjainkban villamos gépek állapotfelügyeletének a szerepe jelentősen megváltoztatta a forgógépekről kialakult mérési eljárásokat. A számítástechnika ütemes fejlődése és összekapcsolva a mérés technikával korlátlan információ mennyiségek elemzését teszi lehetővé. Feldolgozásról van szó és egy olyan információszerezési eljárásról, amely definiálja a gép aktuális fizikai állapotát és tanulórendszerrel tud képezni. Ennek lehetőségeit vizsgálja a pályamunka és hibametria lehetőséget vetít elő. Számos forgógép van jelen az iparban, együttműködés és ellenőrzés szükséges, folyamatos állapotfigyelés. Itt már nem csupán hibajelek detektálása a cél, hanem ezen túlmutató információforrás kezelése és fejlesztése, elindulva az öntanuló villamos hajtások területe felé. Gépek és rendszerek közös munkája, egymás üzemviteli jellemzőinek elemzése és korrigálása, abból konklúziók levonása

1. Bevezető

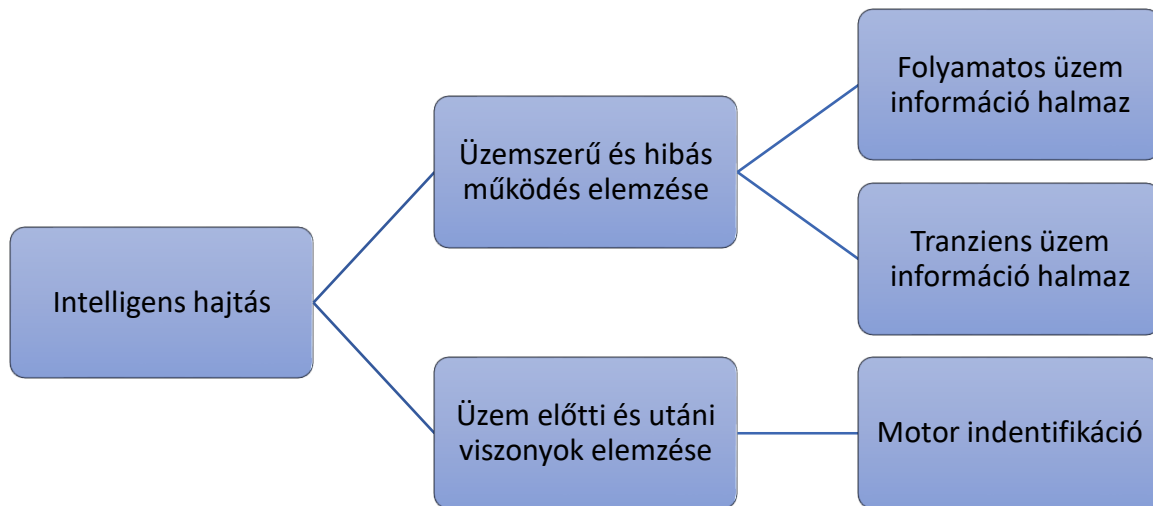
A forgógép diagnosztika szerteágazó szakterület [1-46], ezért jelenleg csak az aszinkron géptípusra fogok koncentrálni. Az áramjelalak-analízis rendkívül széles [1-46] körben alkalmazott módszer, napjainkra már kidolgozott eszközparkkal és mérési eljárásokkal, ennek lehetőségeit vizsgálom ebben a fejezetben. Ennek megfelelően áramjel spektrum diagnosztikai alkalmazása kap elsődleges szerepet. A nemzetközi szakirodalmak [30-46] széleskörben tárgyalják ezen vizsgálatokat, ennek módszernek tanulmányozása a cél. A fejezetek több szemszögű elemzést tartalmaznak, ennek az az oka, hogy minél szélesebb jelfeldolgozási lehetőséget lehessen megismerni. A diagnosztikai vizsgálatoknál idő-frekvencia-amplitúdó jelentős szerepet töltenek az időben változó jelek ábrázolásánál. A spektrumok felvételének kérdése egyrészt a motor táplálási módja (hálózat vagy frekvenciaváltó), illetve összefoglalóan a motorra kapcsolt feszültség és áram kialakuló jelalakja és ezek frekvencia komponensei. Ennek köszönhető a logaritmusos megjelenítés előnyben lett részesítve a motor áram spektrumainak ábrázolásánál [31-46].

2. Aszinkron motorok mechanikai hibáinak felosztása

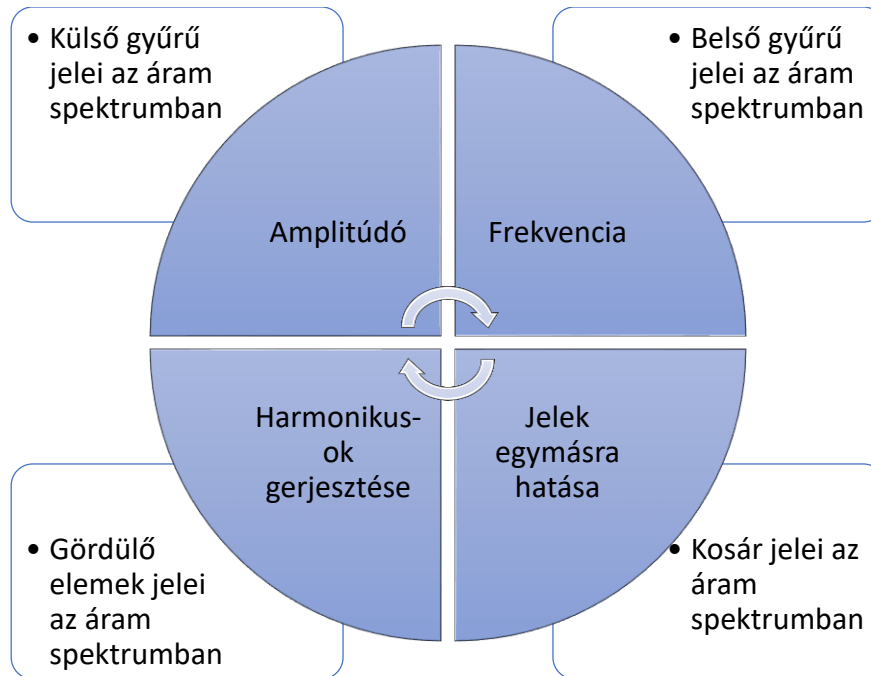
A vizsgált motor háromfázisú rövidrezárt forgórészű kalickás aszinkron gép 3 kW négy pólusú, az EVIG által egykor gyártott „VZ” motorsorozat családjába tartozik. A következő blokkdiagramok mutatják mérési elképzeléseket.



2.1. ábra. Mérési koncepciók kalickás motor esetén.



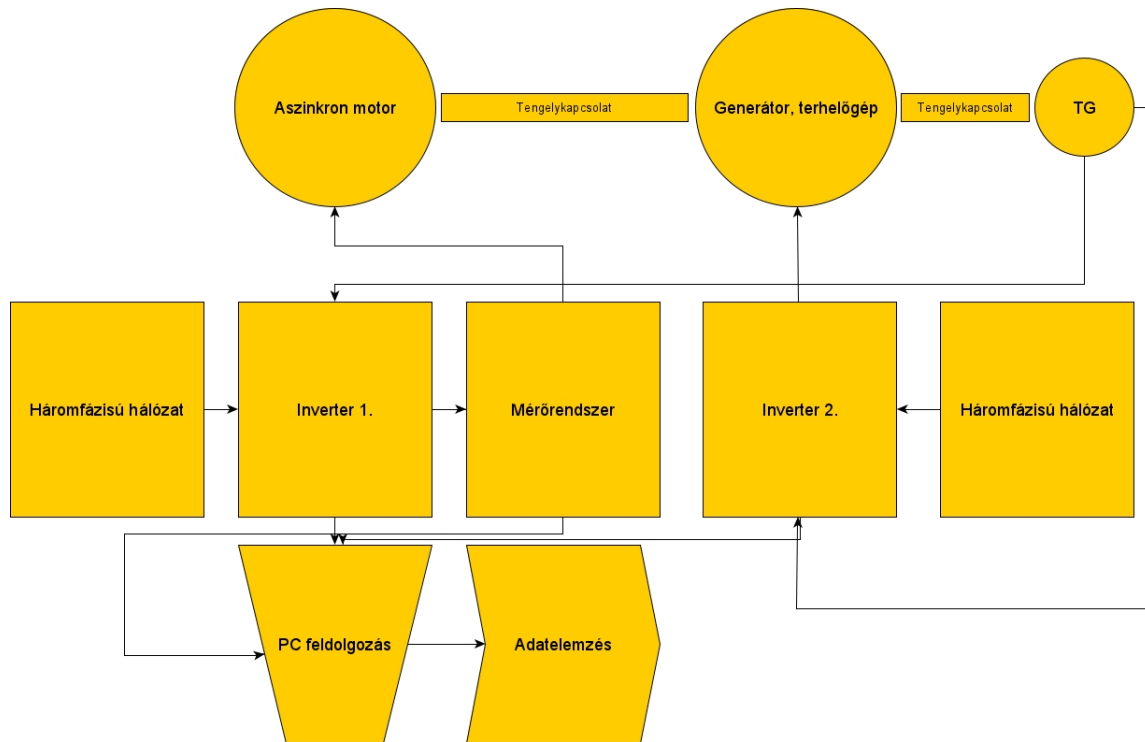
2.2. ábra. Intelligens hajtás diagnosztika elvi vázlata.



2.3. ábra Mechanikai jelek felosztása.

Villamos forgógépek esetén a mechanikai hibajeleket alapvetően a csapágy és tengelybeállítási hibákra lehet felosztani (2.3. ábra). A felsorolás nem teljes, mert jelen munkafolyamat nem tér ki a forgórész rúdszakadás és egyéb forgórész meghibásodások okaira, amelyek kiegyensúlyozási jelenségként is felléphetnek.

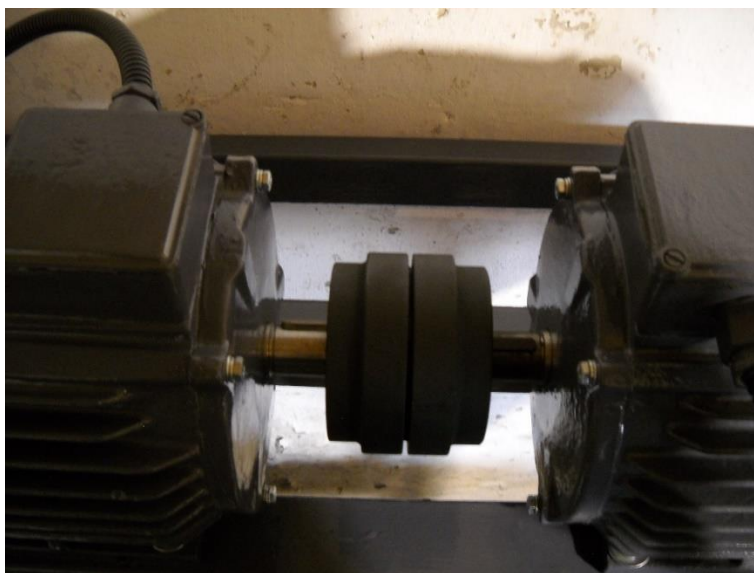
A gépcsoport mérési egyszerűsített mérési blokkvázlata a 2.4. ábrán látható. A mérések frekvenciaváltóról táplált esetet vizsgálnak. A háromfázisú hálózatra csatlakozik a frekvenciaváltó, utána a mérőrendszer összehasonlítva az inverterről kapott értékekkel.



2.4. ábra Egyszerűsített mérési elrendezés blokkvázlata.

A mérőrendszer NI feszültség és árammérő kártyák segítségével mérték a motor jellemző adatait.

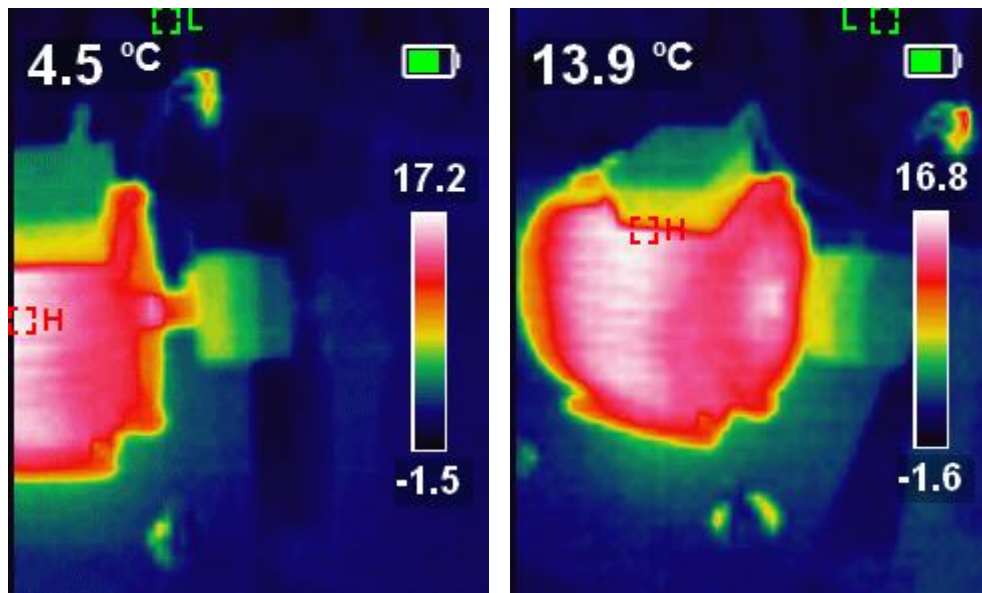
A 2.5. ábra szemléltet egy vizsgált gépkapcsolatot, ahol körmös tengelykapcsolók biztosítják a mechanikai összekötést.



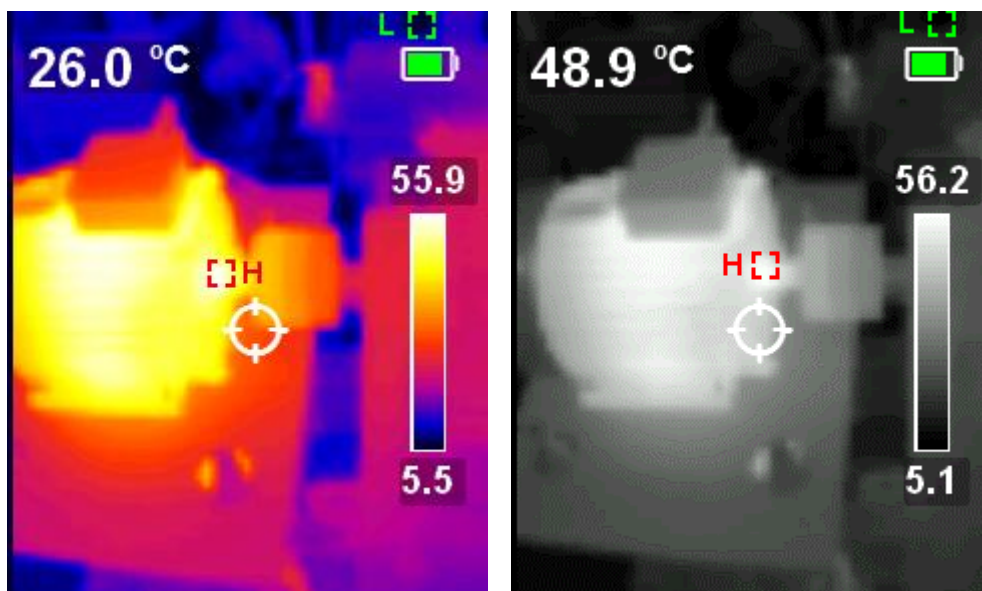
2.5. ábra Aszinkron motor-generátor gépcsoport, tengelybeállítási hibaelemzés.

A pályamunka készítése alatt kontrolmérésre mindig felhasználásra kerül a termográfiai mérések, amelyeken jól végig követhető a motor és tengelykapcsoló aszimmetrikus melegedése (2.6-9. ábrák).

A hőkamera felvételek jól látható, ahogyan a kamera követi leghidegebb és legmelegebb pontokat. Kezdeti szakaszban a motorházra fókuszál, majd a terhelési állapot előre haladtával csapágyfészek irányába.



2.6. ábra Aszinkron motor tengelykapcsolójának aszimmetrikus melegedés folyamata.

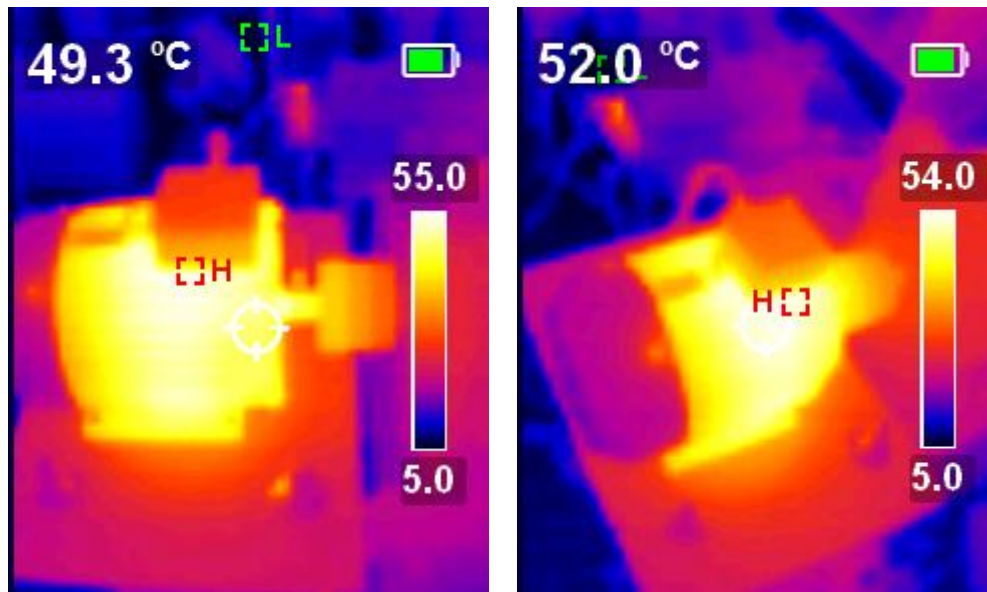


2.7. ábra Aszinkron motor tengelykapcsolójának aszimmetrikus melegedés folyamata.

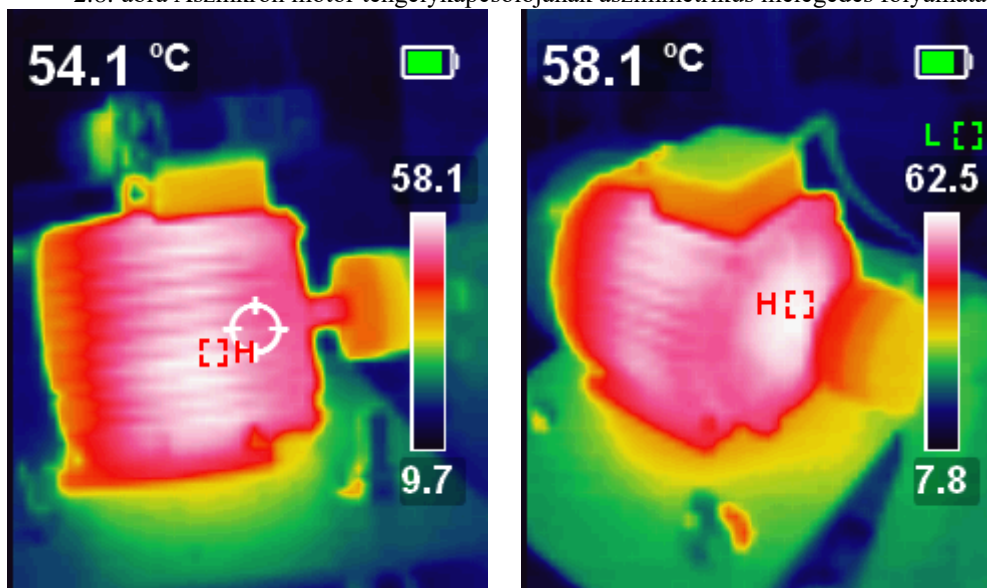
A motoron körmös tengelykapcsoló van és betétkopás, hőmérsékletváltozás, tengelybeállítási hiba jelentkezik. Ez folyamat hosszabb üzemóra alatt.

A 2.8-9. ábrák már tartós üzemi állapotot mutatnak, ahol kamera már a csapágy külső gyűrűre összpontosít, azt érzékeli legmelegebb pontnak.

A hiba eredetét nem egyszerű megállapítani. Nem jelenhető még egyértelműen, hogy a „rossz” tengelybeállítás okozza a jelenséget, mert gépek egyébként sem melegednek „szimmetrikusan”. A vizsgálat eredménye hasznos és szükséges, de nem elégséges feltétele a hibaterület szűkítésének.



2.8. ábra Aszinkron motor tengelykapcsolójának aszimmetrikus melegedés folyamata.



2.9. ábra Aszinkron motor tengelykapcsolójának aszimmetrikus melegedés folyamata.

A forgógép diagnosztika ma már nélkülözhetetlen eleme villamos jelanalízisen történő mérés és számítás. Ennek részletezése a harmadik fejezetben történik.

3. Gépspecifikus spektrumok elemzése

A következő feladatban fel kell állítani egy gépspecifikus adatrendszert, ami a motorról minél optimálisabb képet ad. Alapvető értelmezési eljárás az áramjelből képzett különböző transzformáció szerint történik.

Az ipari gyakorlatban jelentős zajkészlettel (hatással) is meg kell küzdeni. A gépek üzemelési körülményei jelentős kihívás elé állítják mérőendszert. Következő lépés a csapágyfrekvenciák áramjelben történő megjelenési frekvenciáinak keresése. A módszer arra az esetre igaz, ha nincs információ gép csapágyairól, nem vagyunk benne biztosak, hogy pontosan milyen hibafrekvenciákat kell keresni. Ebben az esetben a spektrumelemzése modell vagy modellek segítségével lehetséges, ami vonatkozhat csak a csapágyra és/vagy forgórészre, más alkatrészekre. A gyártó katalógusokban szerepel csapágy adatokat, amelyek nem feltétlenül egyeznek meg a gyártott motorokban lévővel, aminek oka lehet, mechanikai követelményváltozás. A spektrumban követni kell az összes kiugró értéket. Lehetséges pl.: forgási frekvencia többszöröseihez, oldalsávjaihoz rendelni értéket és a tápfrekvencia is megjelenik a spektrumban, illetve az alapharmonikus és oldalsávjai.

3.1. Mérések matematikai készletei¹

Az FFT (Fast Fourier Transform) jól ismerjük, ezzel összhangban kitekintés STFT-ban kapcsolatban.

A rövid idejű Fourier-transzformáció (STFT, Short-Time Fourier Transform) arra szolgál, hogy elemezze, hogyan változik a nemstacionárius jel frekvenciatartalma az idő múlásával. Egy jel STFT-jét úgy számítjuk ki, hogy egy M hosszúságú elemzési ablakot készítünk a jelhez és kiszámítjuk az ablakos adatok diszkrét Fourier-transzformációját. Az ablak az eredeti jel fölé tevődik R minta időközönként. A legtöbb ablakfunkció elkeskenyedik a széleken, hogy elkerülje a spektrális összetalapulást. Ha nem nulla átfedési hossz adunk meg (L), akkor az ablakos szegmensek átfedése kompenzálja a jelgyengülést az ablak szélein. Az egyes ablakos szegmensek DFT-je hozzáadódik egy mátrixhoz, amely tartalmazza az egyes idő- és frekvenciapontok nagyságát és fázisát. Az STFT-mátrixban a sorok száma megegyezik a DFT-pontok számával, az oszlopok számát pedig:

$$k = \left\lfloor \frac{N_x - L}{M - L} \right\rfloor$$

¹ Mitra, Sanjit K. Digital Signal Processing: A Computer-Based Approach. 2nd Ed. New York: McGraw-Hill, 2001. Sharpe, Bruce. Invertibility of Overlap-Add Processing. <https://gauss256.github.io/blog/cola.html>, accessed July 2019. Smith, Julius Orion. Spectral Audio Signal Processing. <https://ccrma.stanford.edu/~jos/sasp/>, online book, 2011 edition, accessed Nov 2018.

Ahol: N az eredeti jel hossza $x(n)$, és a $[\]$ szimbólumok a „padló” függvényt jelölik.

Az STFT mátrixot a $X(f) = [X_1(f) X_2(f) X_3(f) \dots X_k(f)]$

$$X_m(f) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} x(n)g(n - mR)^{-j2\pi fn}$$

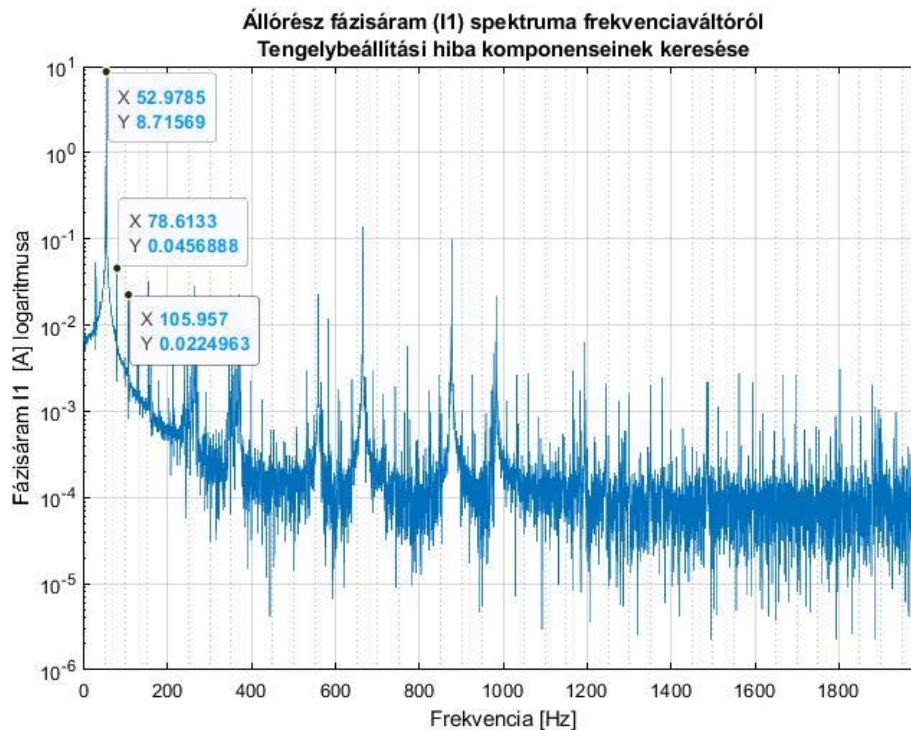
$g(n)$ - M hosszúságú ablakfüggvény

$X_m(f)$ - Az ablakos adatok DFT-je az mR idő középpontjában.

R -Ugrásméret az egymást követő DFT-k között. Az ugrás mérete az ablakhossz és az L átfedési hossz közötti különbség. Az STFT négyzetes nagysága a függvény teljesítményspektrális sűrűségének spektrogramos reprezentációját adja.

3.2. Tengelybeállítási hiba jeleinek keresése az állórész fázisáram spektrumában

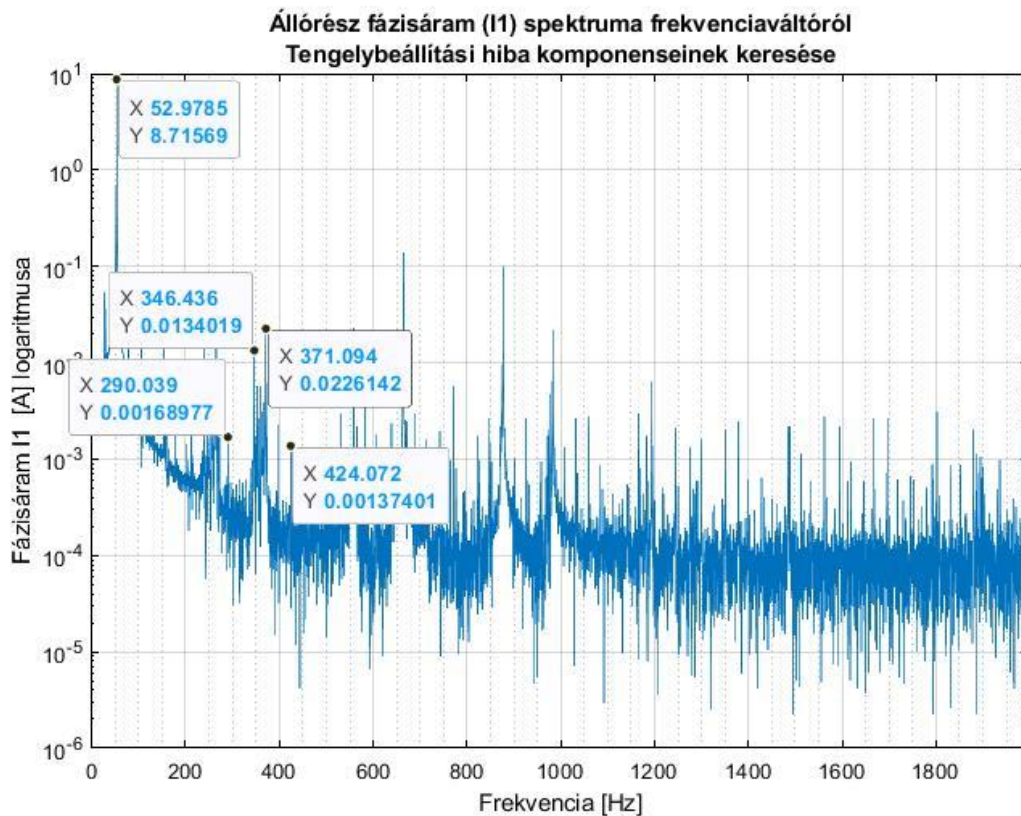
Első lépésként a motor fázisáram spektrumát vizsgáltam állandó terhelés mellett. A 3 kW-os négyfázisú aszinkron motort tápláló aktuális állórész frekvencia (spektrumában is látható) 52,97 Hz, névleges 20,0 Nm leadása mellett, tengely fordulatszám 1538 1/min; ehhez tartozó forgási frekvencia 25,6 Hz, a motor fázisáramának mintavételezése 4 kHz-el történt. A vizsgálat célja a tengelybeállítási hibára utaló hibafrekvenciák keresése, amely függ az alapharmonikus és a forgási frekvenciától és ezek harmonikusaitól.

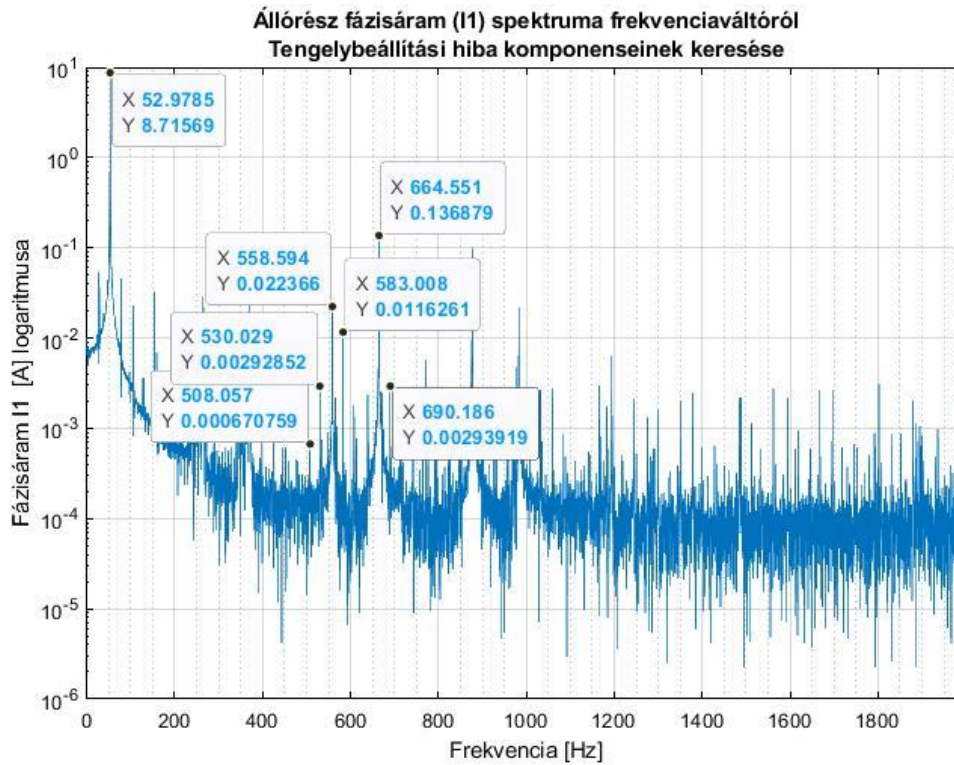
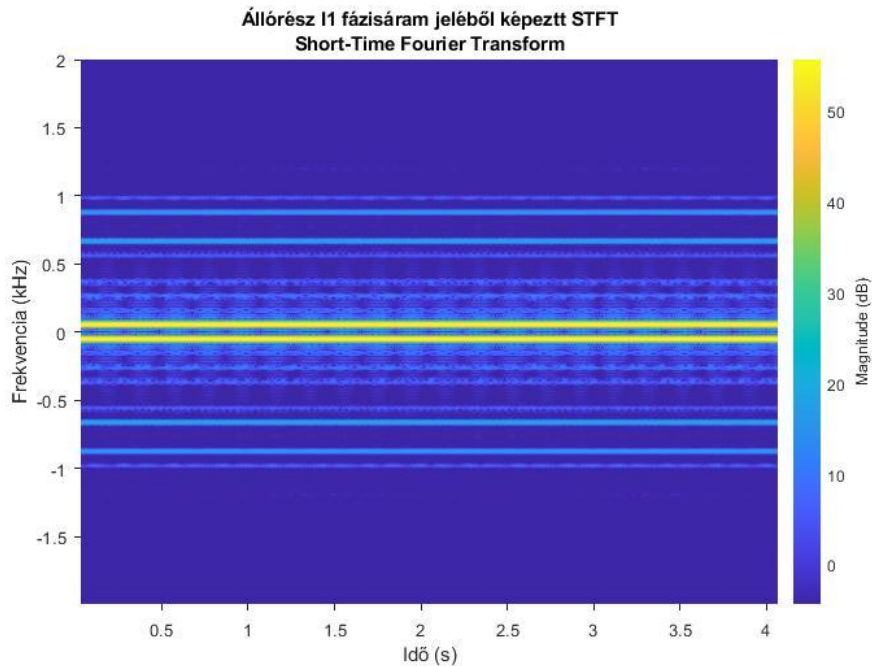


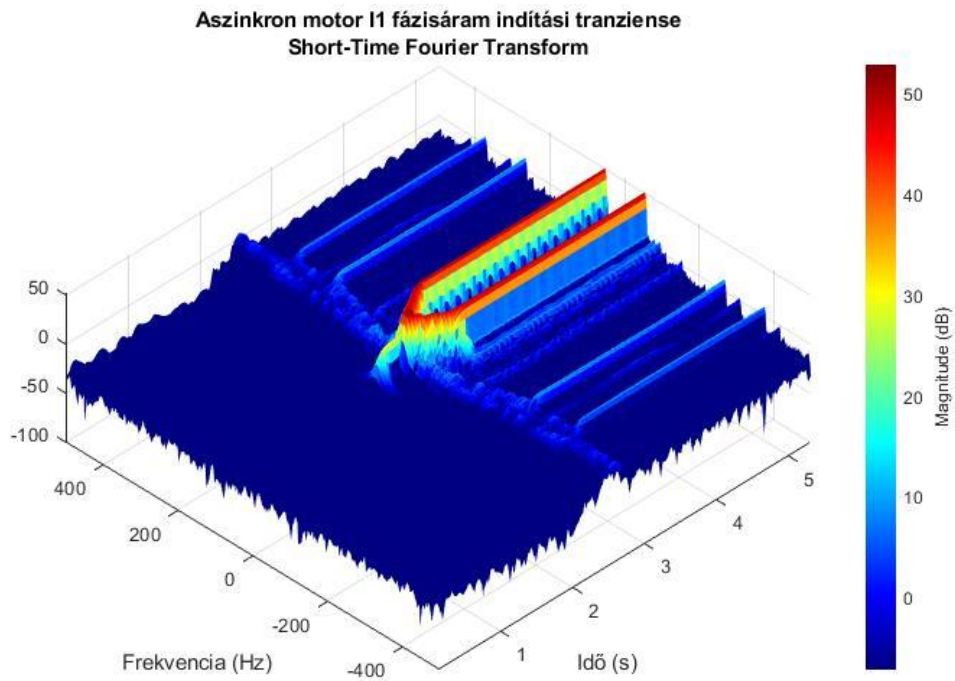
3.1. ábra. Állórész áram I_1 fázisáram spektrumának képzése frekvenciaváltós üzemben.

Tengelybeállítási hibafrekvenciái (harmonikusok száma: 1-8)			
Frekvencia [Hz]	78,61	Frekvencia [Hz]	178,71
Amplitúdó [A]	0,0456	Amplitúdó [A]	0,0022
Harmonikus	1	Harmonikus	5
Frekvencia [Hz]	105,9	Frekvencia [Hz]	211,91
Amplitúdó [A]	0,0224	Amplitúdó [A]	0,0062
Harmonikus	2	Harmonikus	6
Frekvencia [Hz]	127,44	Frekvencia [Hz]	240,47
Amplitúdó [A]	0,0036	Amplitúdó [A]	0,0135
Harmonikus	3	Harmonikus	7
Frekvencia [Hz]	158,93	Frekvencia [Hz]	264,89
Amplitúdó [A]	0,0069	Amplitúdó [A]	0,0290
Harmonikus	4	Harmonikus	8

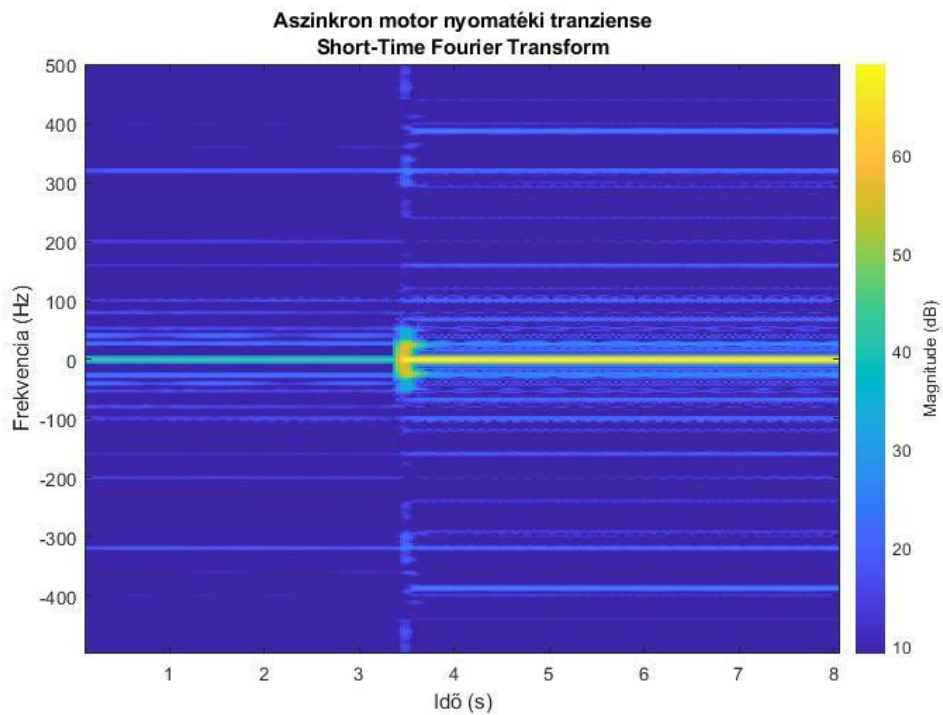
3.1. táblázat Tengelybeállítási hibafrekvenciák.



3.2. ábra. Állórész áram I_1 fázisáram spektrumának képzése frekvenciaváltós üzemben.3.3. ábra. Állórész áram I_1 fázisáram spektrumának képzése frekvenciaváltós üzemben.3.4. ábra. Állórész áram I_1 fázisáram spektrumának képzése frekvenciaváltós üzemben, Short-Time Fourier Transform.

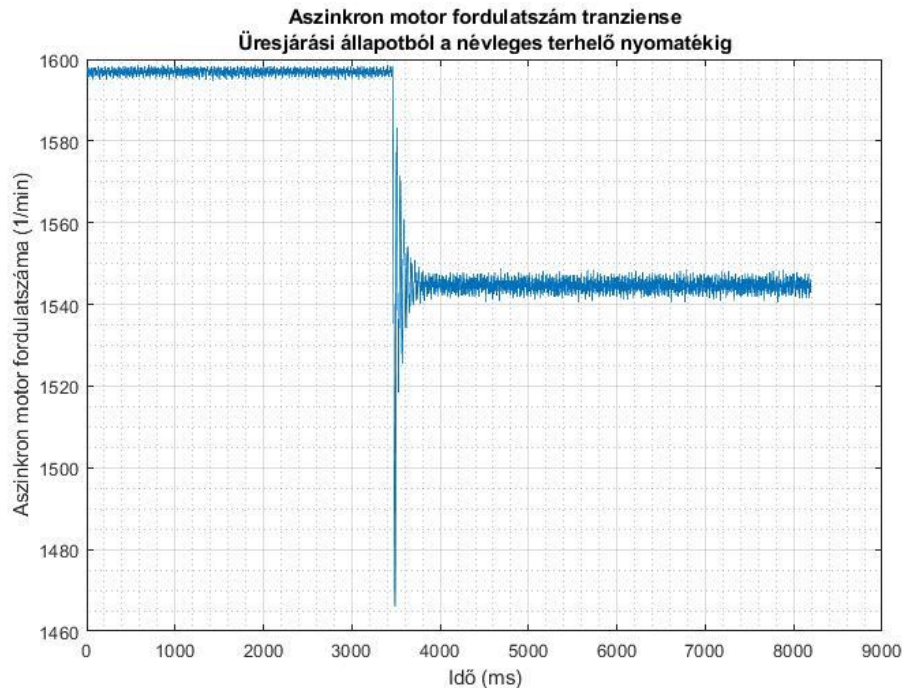


3.5. ábra. Állórész áram I_1 fázisáram indítási tranziense frekvenciaváltós üzemben, Short-Time Fourier Transform.



3.6. ábra. Aszinkron motor nyomatéki tranziense frekvenciaváltós üzemben, Short-Time Fourier Transform.

A 3.1-6. ábrák FFT és STFT alkalmazásával számítják a keresendő mechanikai hibajeleket. Ez a számítás szükséges, de nem elégséges feltétele komplex adatelemzés kialakításához. A 3.7. ábra üresjárási állapotból való átmeneti folyamat, terhelési üzemi fordulatszámra.



3.7. ábra Aszinkron motor fordulatszám tranziense 53 Hz tápláló frekvencia mellett, üresjárási állapotból.

4. Összefoglalás

Villamos forgógépek állapotfelügyelete széleskörű elemzési módszereket követel meg. A kiválasztási lépések következőképpen történtek.

A motor folyamatos üzemének mérése, áram jelalaktól spektrum és hibametria képzése. Állórész fázisáram számítása és abból spektrum képzése. Tengelybeállítási hibára utaló hibafrekvencia keresése és hibametria felállítása. Operációutató alkalmazása a hibáról alkotott függvényben.

A csapágyak által generált jelek vizsgálata az áramjel alapján, mekkora harmonikusig célszerű számítani? Erre nehéz korrekt választ adni. Intelligens villamos hajtás fejlesztése esetén minél nagyobb értékig, „ami függ a mintavételezési időtől is” számítani és folyamatos összehasonlításokat végezni egy korábbi terhelési állapottal.

Állórész áram „I₁” fázisáramából képzett spektrum hibametria térképe. A számítás egy tervezésű szoftver alapján történt, összhangban a Matlab-bal.

A harmadik fejezetben bemutatott transzformációk közül a STFT többségi információt adó rész az frekvencia-idő-amplitúdó intenzitás együttes ábrázolása. Indítás vagy terhelés átkapcsolás pillanatában nemcsak az alapharmonikus játszik döntő szerepet, hanem a vele együttesen keletkező többszörös harmonikusok is.

A pályamunka újdonságkeresési iránya az állandósult és tranzienst üzemállapot sajátos hibajelek megjelenési gyakoriságán alapszik.

5. Irodalomjegyzék

[1] Bendiák István, Aszinkron motorok elemzése gyakorlati szemszögből, 2013. november 14. Tudományos Diákköri Konferencia, Budapest

[2] Bendiák István, Aszinkron motorok elemzése gyakorlati szemszögből, 2014. április 23. Tudományos Diákköri Konferencia, Budapest

[3] Bendiák István, Aszinkron motorok elemzése iparjogvédelmi szemszögből, 2014. november 19. Tudományos Diákköri Konferencia, Budapest

[4] Bendiák István, Háromfázisú pólusátkapcsolással rendelkező ötvözött forgórészű aszinkron gép, szabadalom, Szellemi Tulajdon Nemzeti Hivatala, Ügyiratszám: P1500106/24, 2015.03.13 Budapest

[5] Bendiák István, Aszinkron gépek gyakorlati kérdései, 2015. április 22. Tudományos Diákköri Konferencia, Budapest

[6] Bendiák István, Aszinkron gépek gyakorlati kérdései, XXXI. Kandó Konferencia 2015 "Kandó a tudomány hajóján", Budapest

[7] Bendiák István, Aszinkron motorok elemzése gyakorlati szemszögből, OTDK 2015 március 25-27. Műszaki Tudományi Szekció, Budapest

[8] Bendiák István, Aszinkron motorok gyakorlati kérdései, XXXII. Kandó Konferencia 2016 "Kandó a tudomány hajóján", Budapest

[9] Bendiák István, Aszinkron gépek gyakorlati kérdései, OTDK 2017 április 6-8. Műszaki Tudományi Szekció, Dunaujváros

[10] Bendiák István, Aszinkron motorok tervezése, XXXIII. Kandó Konferencia 2017 "Kandó a tudomány hajóján", Budapest

[11] Bendiák István, Villamos hajtásrendszerek rezgései, XXXIII. Kandó Konferencia 2017 "Kandó a tudomány hajóján", Budapest

[12] Bendiák István, Aszinkron motorok csapágydiagnosztikája, 2019. április 25. Tudományos Diákköri Konferencia, Budapest

[13] Bendiák István, Aszinkron motorok újratekereselési technológiáinak hatása a magas hatásfokú aszinkron motorok paramétereire, TDK dolgozat, Budapest 2019

[14] Bendiák István, Aszinkron motorok diagnosztikai módszerei, 2019. november 12. Tudományos Diákköri Konferencia, Budapest

[15] Bendiák István, Aszinkron motorok csapágyhibáinak elemzése, XXXV. Jubileumi Kandó Konferencia 2019, Budapest

[16] Bendiák István, Forgógépek diagnosztikai eljárásai és alkalmazási lehetőségeik felmérése, 2020. április 29. Tudományos Diákköri Konferencia, Budapest

[17] Dr. Prohászka János, Bevezetés az anyagtudományba I. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 1988, ISBN 963 8354 (A Szerkezetvizsgálat módszerei és mechanikai tulajdonságok című fejezetek.)

[18] Dr. Nagy István, Állapotfüggő Karbantartás, Műszaki Diagnosztika I. Rezgésdiagnosztika, Delta-3N Kft. Paks, 2006

[19] Dr. Timár Peregrin László-Fazekas Albert-Kiss József-Miklós András-Dr. S. J. Yang, Villamos gépek zaja és rezgése, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1986

[20] Lukács Ottó, Matematikai Statisztika, Műszaki Könyvkiadó, Budapest 2002

[21] Zombori Béla, Elektronika (5.kiadás), Nemzeti Tankönyvkiadó-Tankönyvmester Kiadó, Budapest, 2004

[22] Ctirad Smetana, Zaj-és rezgésmérés, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1975

[23] Molnár László, dr. Varga László, Gördülőcsapágyazások tervezése, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1977

[24] By Brian P. Graney and Ken Starry, Rolling Element Bearing Analysis, From Materials Evaluation, Vol. 70, No. 1, pp: 78-85, Copyright 2011 The American Society for Nondestructive Testing, Inc. Materials Evaluation- January 2012

[25] SKF Bearing Calculator program: Csapágy típusára ellenőrzött számítás és a csapágyfrekvenciák értékeinek, elnevezéseinek a származási helye: Oldal cím:

<http://webtools3.skf.com/engcalc/CalcBearingFrequencies.do>

[26] SKF online csapágy katalógus: Oldalcím:

<http://webtools3.skf.com/engcalc/CalcBearingFrequenciesUpdate.do>

[27] SKF online katalógus csapágy geometriai adatainak megismerése céljából: Oldalcímek:

<https://www.skf.com/group/products/bearings-units-housings/ball-bearings/deep-groove-ball-bearings/deep-groove-ball-bearings/index.html?designation=6206>

<http://webtools3.skf.com/engcalc/calculator/calculator.jsp>

[28] <http://www.jp.nsk.com/app02/BearingGuide/html/bearing32765.htm#>

[29] <http://webtools3.skf.com/engcalc/calculator/freqcalc/bearing/index.jsp>

[30] C. Kumar, G. Krishnan and S. Sarangi, "Experimental investigation on misalignment fault detection in induction motors using current and vibration signature analysis," 2015 International Conference on Futuristic Trends on Computational Analysis and Knowledge Management (ABLAZE), Noida, 2015, pp. 61-66, doi: 10.1109/ABLAZE.2015.7154971.

- [31] M. Lane, D. Ashari, F. Gu and A. D. Ball, "Investigation of motor current signature analysis to detect motor resistance imbalances," 2015 21st International Conference on Automation and Computing (ICAC), Glasgow, 2015, pp. 1-4, doi: 10.1109/ICAC.2015.7313945.
- [32] P. C. P and J. G, "Inter-Turn Fault Analysis of Three Phase Induction Motor," 2020 IEEE 9th Power India International Conference (PIICON), SONEPAT, India, 2020, pp. 1-6, doi: 10.1109/PIICON49524.2020.9112890.
- [33] S. Owatchaiphong, "Design Concept of Low Cost Measurement for Motor Current Signature Analysis," 2018 Third International Conference on Engineering Science and Innovative Technology (ESIT), North Bangkok, Thailand, 2018, pp. 1-5, doi: 10.1109/ESIT.2018.8665120.
- [34] A. Giantomassi, F. Ferracuti, S. Iarlori, G. Ippoliti and S. Longhi, "Electric Motor Fault Detection and Diagnosis by Kernel Density Estimation and Kullback–Leibler Divergence Based on Stator Current Measurements," in IEEE Transactions on Industrial Electronics, vol. 62, no. 3, pp. 1770-1780, March 2015, doi: 10.1109/TIE.2014.2370936.
- [35] T. Yang, H. Pen, Z. Wang and C. S. Chang, "Feature Knowledge Based Fault Detection of Induction Motors Through the Analysis of Stator Current Data," in IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, vol. 65, no. 3, pp. 549-558, March 2016, doi: 10.1109/TIM.2015.2498978.
- [36] N. P. Sakhalkar and P. Korde, "Fault detection in induction motors based on motor current signature analysis and accelerometer," 2017 International Conference on Energy, Communication, Data Analytics and Soft Computing (ICECDS), Chennai, 2017, pp. 363-367, doi: 10.1109/ICECDS.2017.8390117.
- [37] S. Yeolekar, G. N. Mulay and J. B. Helonde, "Outer race bearing fault identification of induction motor based on stator current signature by wavelet transform," 2017 2nd IEEE International Conference on Recent Trends in Electronics, Information & Communication Technology (RTEICT), Bangalore, 2017, pp. 2011-2015, doi: 10.1109/RTEICT.2017.8256951.
- [38] S. Sarkar, P. K. Hembram, P. Purkait and S. Das, "Acquisition and pre-processing of three phase induction motor stator current signal for fault diagnosis using FPGA, NI Compact-RIO real time controller," 2016 IEEE Uttar Pradesh Section International Conference on Electrical, Computer and Electronics Engineering (UPCON), Varanasi, 2016, pp. 110-114, doi: 10.1109/UPCON.2016.7894635.
- [39] F. Ferracuti, A. Freddi, S. Longhi and A. Monteriù, "Recurrence Quantification Analysis of Stator-Current Measurements for Electric Motor Fault Classification," IECON 2019 - 45th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society, Lisbon, Portugal, 2019, pp. 3691-3696, doi: 10.1109/IECON.2019.8927375.
- [40] J. A. Antonino-Daviu, A. Quijano-López, M. Rubbiolo and V. Climente-Alarcon, "Advanced Analysis of Motor Currents for the Diagnosis of the Rotor Condition in Electric Motors Operating in Mining Facilities," in IEEE Transactions on Industry Applications, vol. 54, no. 4, pp. 3934-3942, July-Aug. 2018, doi: 10.1109/TIA.2018.2818671.
- [41] C. Xu, C. Qiu and X. Wu, "Eccentricity faults diagnosis based on motor stray magnetic field signature analysis," 2017 Chinese Automation Congress (CAC), Jinan, 2017, pp. 5577-5582, doi: 10.1109/CAC.2017.8243776.
- [42] I. Ishkova and O. Vitek, "Analysis of induction motor faults by means of monitoring the current and magnetic flux density spectrums," 2016 International Symposium on Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion (SPEEDAM), Anacapri, 2016, pp. 611-616, doi: 10.1109/SPEEDAM.2016.7525861.
- [43] H. S. Gerçekcioğlu and M. Akar, "Instantaneous power signature analysis for misalignment fault diagnosis in 3-phased induction motors," 2018 26th Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU), Izmir, 2018, pp. 1-4, doi: 10.1109/SIU.2018.8404303.

[44] A. Gheitasi, P. Wolfs and S. Alahakoon, "Distributed Motor Current Signature Analysis in an IoT Environment," 2019 29th Australasian Universities Power Engineering Conference (AUPEC), Nadi, Fiji, 2019, pp. 1-6, doi: 10.1109/AUPEC48547.2019.211811.

[45] S. Ray and D. Dey, "Characterization of stator turn to turn faults of induction motor using cross-correlation analysis based features," 2016 International Conference on Intelligent Control Power and Instrumentation (ICICPI), Kolkata, 2016, pp. 297-301, doi: 10.1109/ICICPI.2016.7859721.

[46] C. Hsiao and M. Liu, "Failure mode analysis of induction motor model," 2017 International Conference on Applied System Innovation (ICASI), Sapporo, 2017, pp. 25-28, doi: 10.1109/ICASI.2017.7988336.

Bendiák István, Dr. Semperger Sándor: Villamos hajtású városi autóbusz hajtásrendszerének modellezése

Óbudai Egyetem, Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar, Automatizálási és Energiarendszerek Intézet, Automatika Tanszék, bendiak.istvan@uni-obuda.hu

Óbudai Egyetem, Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar Automatizálási és Energiarendszerek Intézet, Automatika Tanszék, semperger.sandor@uni-obuda.hu

Absztrakt: A villamos hajtású járművek hajtásrendszereinek modellezése kapcsán készült modell, amely tervezésre és oktatási célra is használható. A modell tartalmazza a villamos hajtás paramétereit, valamint a busz mechanikai adatait. Az első ciklusban elkészített program azt szolgálta, hogy kialakuljon egy olyan szimulátor, amely alkalmas változtatható paraméterű elektromos meghajtású busz rendszerének minél szélesebb körű tesztelésére. A modell kiterjesztett valamennyi villamos gép típusra, amelyet villamos és hibrid hajtásrendszereknél alkalmaznak. A városi autóbusz megnevezés arra utal, hogy a menetciklusok elsősorban városban közlekedő buszra készültek, ami átírható elővárosi és távolsági kivitelre is.

1. Bevezető

A LabView modell alkalmas szabályozatlan (pontosabban, nem teljes körűen beavatkozott, hibás működés demonstrációja miatt) és szabályozott (komplexitás alkalmazás függő) villamos hajtások modellezésére is.

Alapvető elképzelése az egyenáramú és szinkron gép elméleti háttéréből indul ki. A modell felépítése alkalmazza azokat az összefüggéseket, amely a statikus és tranziens üzem vizsgálatához szükségesek.

2. Villamos hajtások stabilitásvizsgálata

Villamos hajtásokra érvényes differenciálegyenlet, amely figyelembe veszi az elektromechanikai és villamos időállandókat (T_m elektromechanikai, T_v villamos időállandók, ω szögsebesség, t idő):

$$T_m \cdot T_v \cdot \frac{d^2 \omega(t)}{dt^2} + T_m \cdot \frac{d\omega(t)}{dt} + \omega(t) = \omega_s$$

Lehetséges beállási viszonyok:

Periodikus beállási eset, az elektromechanikai időállandó kisebb, mint a villamos időállandó négyszerese, vagyis:

$$T_m < 4 \cdot T_v$$

Aperiodikus beállási eset, az elektromechanikai időállandó nagyobb, mint a villamos időállandó négyszerese, vagyis:

$$T_m > 4 \cdot T_v$$

Aperiodikus határbeállási eset, az elektromechanikai időállandó egyenlő a villamos időállandó négyszeresével, vagyis:

$$T_m = 4 \cdot T_v$$

Armatúrakör villamos időállandója:

$$T_v = \frac{L_a}{R_a}$$

A motor elektromechanikai időállandója (általános összefüggés):

$$T_m = \frac{J_{\text{motor}} \cdot R_a}{c^2 \cdot \Phi^2}$$

A motor indítási ideje, feltételezve csak a motor tehetetlenségi nyomatékát és a motor névleges nyomatékkal gyorsít a névleges szögsebességre (motor névleges nyomatéka M_n).

$$T_{\text{indítási}} = \frac{J_{\text{motor}} \cdot \omega_n}{M_n}$$

A motorhoz hozzáadódó terhelés tehetetlensége:

$$T_{\text{indítási}} = \frac{(J_{\text{motor}} + J_{\text{terhelés}}) \cdot \omega_n}{M_n}$$

Áttérés egy ω_2 és ω_1 szögsebesség között:

$$t_2 - t_1 = \frac{J_{\text{motor}} \cdot (\omega_2 - \omega_1)}{M_d}$$

Terheléssel figyelembe véve:

$$t_2 - t_1 = \frac{(J_{\text{motor}} + J_{\text{terhelés}}) \cdot (\omega_2 - \omega_1)}{M_d}$$

A dinamikai nyomatékkal (M_d) kifejezve:

$$\int_{t_1}^{t_2} dt = J_{\text{összes}} \int_{\omega_1}^{\omega_2} \frac{J_{\text{motor}}}{M_d} d\omega$$

Villamos hajtáscsillapítási tényezője (Zeta):

$$\xi = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{\frac{T_m}{T_v}}$$

Villamos hajtások általános mozgásegyenlete:

$$M_d = M_{\text{motor}} - M_{\text{terhelés}} = J_{\text{összes}} \cdot \frac{d\omega}{dt}$$

A villamos hajtás stabilitásának feltétele, hogy a szögsebesség és a dinamikai nyomaték megváltozása ellentétes értelmű legyen, vagyis:

$$\frac{\Delta\omega}{\Delta M_d} < 0$$

$$\frac{d\omega}{dM_d} < 0$$

Átírva a mozgásegyenletet:

$$dt = \frac{J_{\text{összes}}}{M_d(\omega)} \cdot d\omega = \frac{J_{\text{összes}}}{M_M(\omega) - M_T(\omega)} d\omega$$

Áttérés egy másik szögsebesség értékre:

$$t_2 - t_1 = \frac{J_{\text{összes}} \cdot (\omega_2 - \omega_1)}{M_d} = \frac{J_{\text{összes}} \cdot (\omega_2 - \omega_1)}{M_M - M_T}$$

Ahol:

M_d dinamikai nyomaték [Nm]

M_T terhelőnyomaték [Nm]

M_M motornyomaték [Nm]

$J_{\text{összes}}$ hajtás össze tehetetlenségi nyomatéka [kgm²]

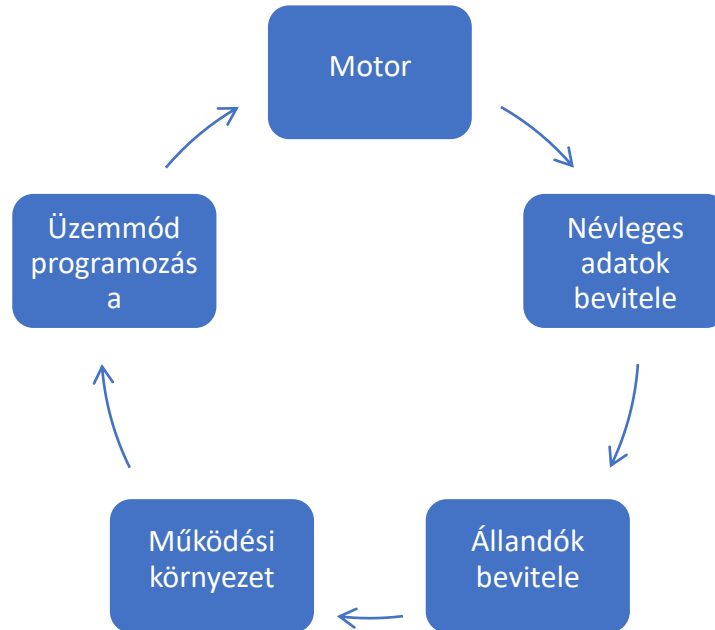
ω -szögsebesség [r/s]

LabView modellbe beépítésre kerültek ezek az összefüggések.

A LabView program adatbevétele igazodik a mérési és más típusú hajtómotor alkalmazásához is. A jármű tömegadatai, keréksugár megadhatóak, amely a tehetetlenségi nyomaték számításához szükséges.

3. Busz modell előkészítése

Adatok bevétele a járműre vonatkozólag:



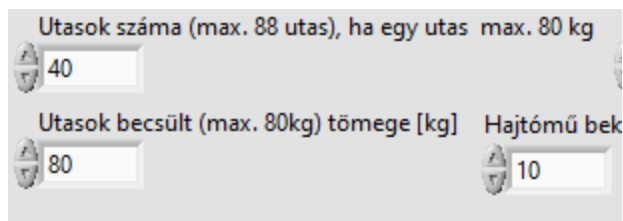
3.1. ábra A LabView program adat beviteli elképzelése.

Adatok bevétele:

- T_v villamos időállandó
- T_m elektromechanikai időállandó
- K_t nyomatéki állandó
- R_a armatúra belső ellenállása
- J_{motor} motor tehetetlenségi nyomatéka
- Jármű tömege

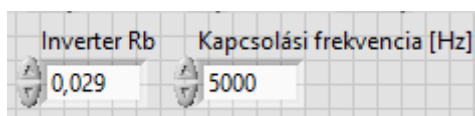
A jármű tömege ebben az esetben az üres tömeget jelenti és ehhez hozzákerül az utasok száma és tömege.

Utasok száma, pl. Ikarus 415 esetén maximum 88 utas, ha egy ember tömege nem haladja meg a 80 kg-ot.



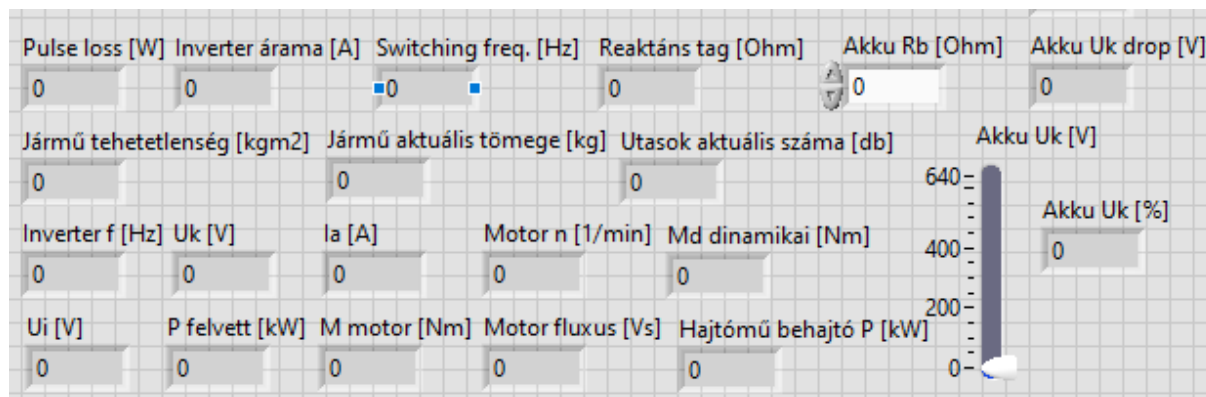
3.2. ábra Utasok számának programozása.

Adatok bevitele a motor tápláló inverterre vonatkozólag pl.:



3.3. ábra Inverterre vonatkozó adatok megadása.

A frekvenciaváltó jellemezhető egy belső ellenállásként modellezhető veszteségként, illetve a félvezetők kapcsolási frekvenciáját (switching frequency) figyelembe vevő komponenssel. A LabView programban mindkét paraméter állítható. A modellben levő numerikus kijelzők visszaadnak minden lényeges adatot.



3.4. ábra Busz hajtásra vonatkozó adatok visszajelzése.

Az adatok jelzése tetszőlegesen változtatható. A jelenlegi struktúra a hajtásmodell-készítést segítette és adja alapját a következő szabályozási stratégia kialakításának.

A motorra vonatkozó alapadatok visszaadása mindenféleképpen szükséges, mert ha motortípus-váltás történik, rendelkezünk megfelelő adatmennyiséggel.

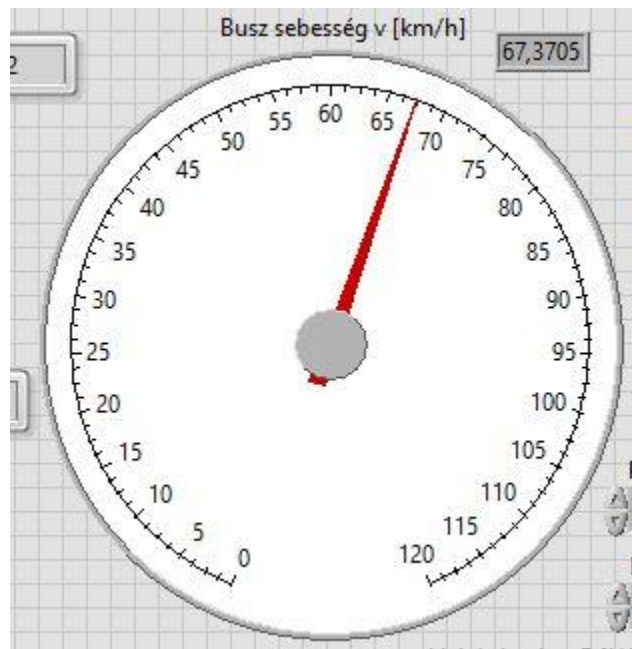
Paraméterezés (a nem teljes lista, mert a műszerezés részlegesen leírt):

- Pulse loss: Számított félvezetőkre vonatkozó veszteség
- Inverter árama: Az inverter kimeneti árama a motort táplálva.
- Switching frequency: Az inverterben lévő félvezetők aktuális kapcsolási frekvenciája.
- Reaktáns tag: Félvezető egységre vonatkozó reaktáns tag megadás.

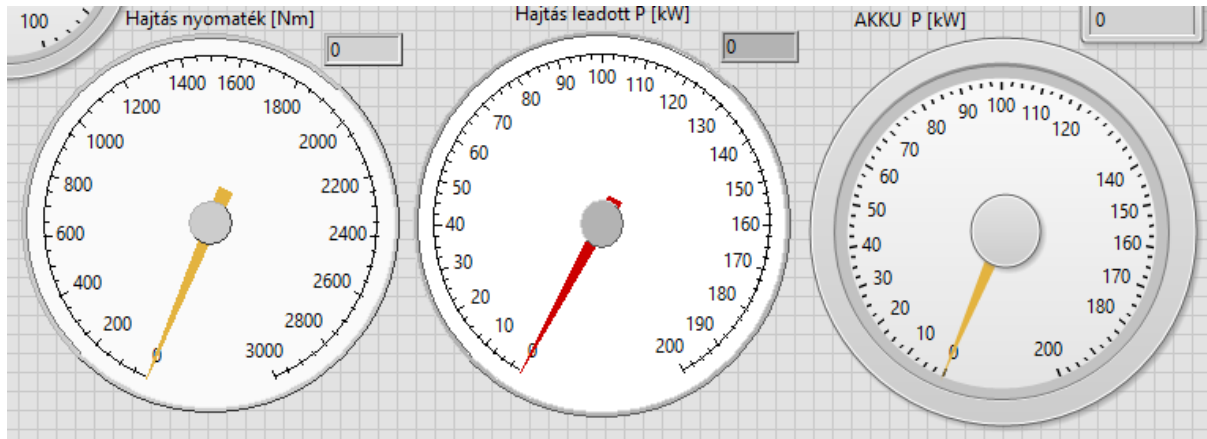
- Akku R_b [Ohm]: Akkumulátor belső ellenállása.
- Akku U_k [V] drop: Akkumulátor kapocsfeszültségének figyelése.
- Jármű tehetetlensége [kgm^2]: A busz aktuális tehetetlenségi nyomatéka függően a tehertől.
- Jármű aktuális tömege: Jármű tömeg.
- Utasok aktuális száma: A busz befogadó képességének megfelelően alakuló utasszám.
- Inverter f [Hz]: Inverter alapharmonikus frekvenciája.
- U_k [V]: Inverter kimeneti számított feszültség értéke.
- I_a [A]: Hajtómotor armatúra árama.
- Motor n [1/min]: Hajtómotor mért fordulatszáma a hajtómű előtt.
- M_d dinamikai [Nm]: Hajtáslánc mért/számított dinamikai nyomatéka.
- Akku U_k [%]: Akkumulátor feszültség százalékosan kifejezett értéke.
- U_i [V]: A hajtómotor számított indukált feszültsége.
- P felvett [kW]: A hajtómotor által felvett hatásos teljesítmény.
- M motor [Nm]: A hajtómotor mért/számított forgatónyomatéka.
- Motor fluxus [Vs]: A hajtómotor számított aktuális fluxusa.
- Hajtómű behajtó P [kW]: A motor kimeneti tengelynyomatéka vagy a hajtómű bemeneti nyomatéka.

4. Sebességmérés és korlátozás, akkumulátor paraméterek és kezelőfelületek

A LabView modellbe már beépítésre került a buszba helyezendő sebességmérés (4.1. ábra) és figyelő szabályozás. A korábbi fejezetben bemutatott utasszám és tömeg azért is szükséges, mert folyamatos átszámítás szükséges a tehetetlenségi nyomatékok tekintetében. A jármű ürestömegegél értelemszerűen gyorsabban képes haladni, nagyobb tömeggel lassabban.

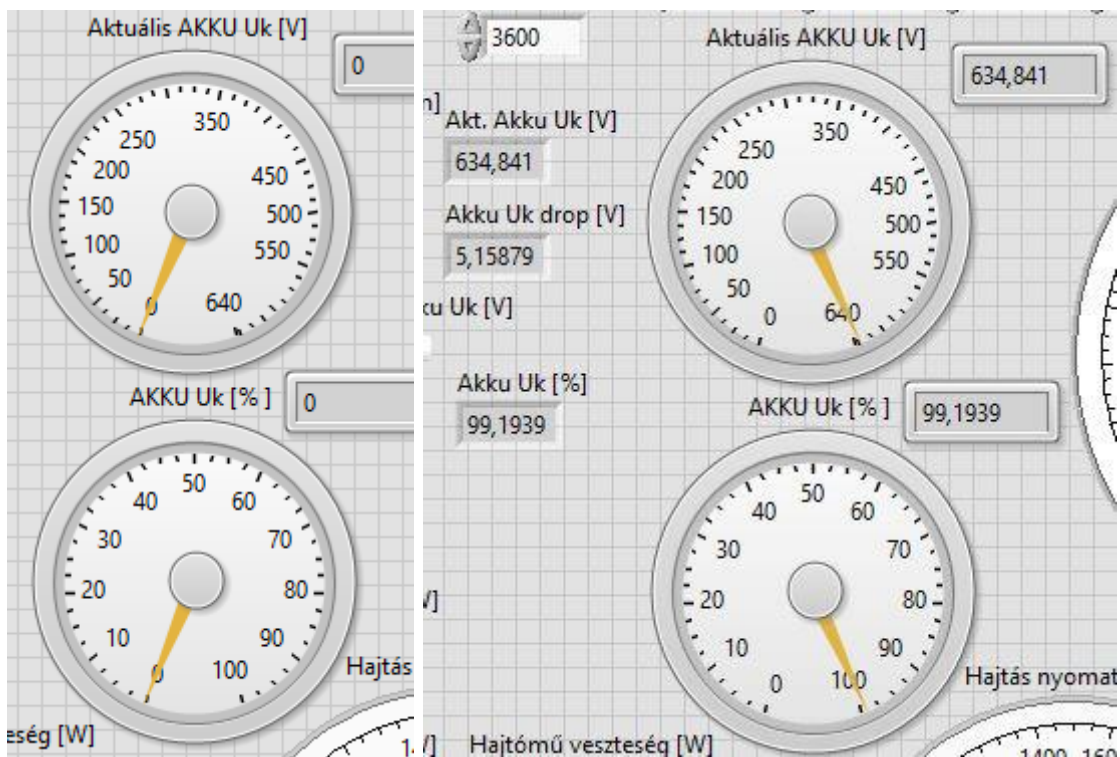


4.1. ábra Sebességmérés a buszban szimulációs környezetben.



4.2. ábra Virtuális műszerfal, kihajtónyomaték, teljesítmény és akkumulátor teljesítmény.

A busz menetideje szempontjából az akkumulátor U_k kapcsolófeszültségének figyelése és összehasonlítása a névleges értékkel szintén létfontosságú szempontok közé tartozik.



4.3. ábra Akkumulátor paramétereinek figyelése.

Az akkumulátor paramétereinek figyelése (4.3. ábra), aktuális kapcsolófeszültség [V], összehasonlítva a névleges feszültséggel [%], és ezen értékek mutatós és numerikus kijelzésével. Akkumulátor numerikus értéki fájlba is kérhető, tovább feldolgozhatók, a kijelzések az aktuális állapot „gyors” ellenőrzését célozzák meg, ennek részletes elemzése a mesterséges intelligencia

feladata. A „mutató” kijelzés a „virtuális sofőr” számára érdekes, a műszerek skálabeállítása szintén állítható érték.

Az akkumulátor feszültségcsökkenése hátrányosan befolyásolja a dinamikai tulajdonságokat ezért, az áramkorlát ekkor olyan értéket vesz fel, amely egyrészt visszajelzést ad az adatfeldolgozónak, másrészt a legoptimálisabb áramtartomány igyekszik követni.

Áramkorlát alapjel beállítását nemcsak a hajtómotor névleges árama határozza meg, ha szükség esetén olyan gyorsító nyomatékokat kell biztosítani, akkor a korlátozás állítható. Ez azonban csak akkor lehetséges, ha a beállítandó határokat nem lépi túl. A nyomatékképzésben az áramnak kiemelt szerepe van, ezért nem lehet a két módszert egyértelműen szétválasztani (nyomaték és áramkorlát).

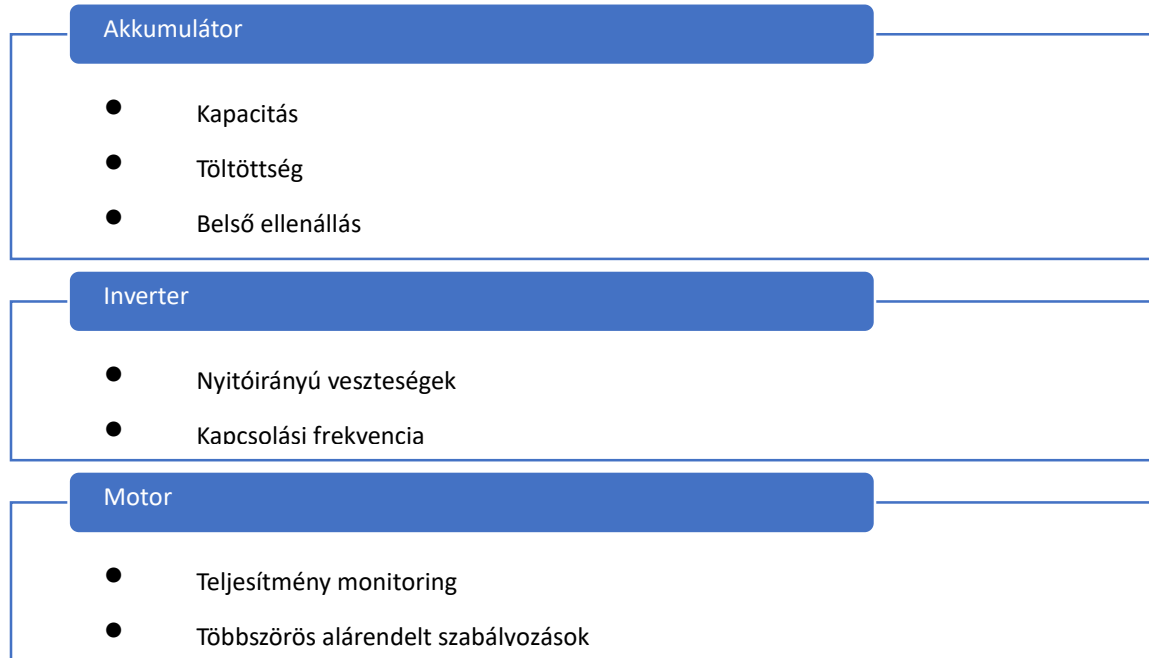
5. Összefoglalás

Az első ciklusban elkészített LabView modell azt célt szolgálta, hogy kialakuljon egy olyan szimulátor, amely alkalmas változtatható paraméterű elektromos meghajtású busz rendszerének a tesztelésére.

Kialakítás követelmények:

- Változtatható motor paraméterek
- Változtatható hajtómű áttétel és hatásfok
- Változó frekvenciatartomány (hajtómotort tápláló inverter)
- Állítható időállandók (villamos és mechanikai)
- Mérhető, változtatható veszteségi komponensek
- Fuzzy szabályozások előkészítése

A modell koncepciója:



5.1. ábra Elektromos meghajtású busz modell alapkonceptiója.

A 5.1. ábra koncepciója egyszerűsíti az alapmodell felépítését. Az akkumulátor adatai változtathatók, illetve a lemerülés gyorsítható, lassítható, illetve real-time-ban is üzemeltethető, természetesen a realitásokat figyelembe véve, az előbbinek a fokozott lemerülési igénybevétel miatt van jelentősége.

A modell szükség esetén átírható akár személygépkocsira is, hiszen, motor, hajtómű, tömeg, gyorsítási igények, teljesítmény, fordulatszámkorlátok tetszőlegesen programozhatóak, vagyis modell univerzális jellegű.

6. Irodalomjegyzék

[1] Jafar Zarei, Javad Poshtan, An advanced Park's vectors approach for bearing fault detection, *Tribology International* 42 (2009) 213-219

[2] V. Ferao Pires, J. F. Martins, A. J. Pires, Eigenvector/eigenvalue analysis of a 3D current referential fault detection and diagnosis of an induction motor, *Energy Conversion and Management* 51 (2010) 901-907

[3] A. Roque, J. M. F. Calado and J. M. Ruiz, Vibration Analysis versus Current Signature Analysis, *Supervision and Safety of Technical Processes*, August 29-31, 2012. Mexico City, Mexico

[4] Sukhjeet Singh, Amit Kumar, Navin Kumar, Motor Current Signature Analysis for Bearing Fault Detection in Mechanical Systems, *Science Direct, Procedia Materials Science* 6 (2014) 171-177

- [5] Bendiák István, Aszinkron motorok csapágydiagnosztikája, TDK dolgozat, Budapest 2019
- [6] Izzet Önel, Mohamed Benbouzid, Induction Motors Bearing Failures Detection and Diagnosis: Park and Concordia Transform Approaches Comparative Study, Izzet Önel, Mohamed Benbouzid. Induction Motors Bearing Failures Detection and Diagnosis: Park and Concordia Transform Approaches Comparative Study. IEEE IEMDC'07, May 2007, Antalya, Turkey. 2, pp.1073-1078, 2007. <hal-00531271, HAL Id: hal-00531271 <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00531271> Submitted on 2 Nov 2010
- [7] Mariana IORGULESCU, Robert BELOIU University of Pitesti, Electrical Engineering Department, Pitesti, ROMANIA, Vibration and Current Monitoring for Fault's Diagnosis of Induction Motors, Annals of the University of Craiova, Electrical Engineering series, No. 32, 2008; ISSN 1842-4805
- [8] William H. Yeadon, PE. Editor and Chief, Alan W. Yeadon, PE. Associate Editor, Handbook of Small Electric Motors, McGraw Hill, New York, Chicago, San Francisco, Lisbon, London, Madrid, Toronto, Mexico City, New Delhi, Sydney, Toronto. 2003.
- [9] Szabó József Zoltán, Rezgésdiagnosztikai vizsgálatok és haditechnikai alkalmazhatóságuk kutatása, PhD értekezés, 2010, Budapest
- [10] Ahmed Alwodai, Tie Wang, Zhi Chen, Fendshou Gu, Robert Cattley, Andrew Ball, A Study of Motor Bearing Fault Diagnosis Using Modulation Signal Bispectrum Analysis of Motor Current Signals, Journal of Signal and Information Processing, 2013, 4, 72-79
- [11] Neelam Mehala #1, Ratna Dahiya *2, Detection of Bearing Faults of Induction Motor Using Park's Vector Approach, 1# Department of Electronics and Communication Engineering YMCA University of Science and Technology, Faridabad-121006(Haryana) INDIA, 2* Department of Electrical Engineering National Institute of Technology Kurukshetra-136119 (Haryana) INDIA, Neelam Mehala et al. /International Journal of Engineering and Technology Vol.2(4), 2010, 263-266
- [12] M.S. Othman1*, M.Z. Nuawi1 and R. Mohamed2, Induction Motor Bearing Fault Diagnostics Using i-kaz™ and Decision Tree Classification, 1Department of Mechanical and Material Engineering, 2Department of Electrical, Electronic and Systems Engineering, Universiti Kebangsaan Malaysia, Jalan Bangi 43600 UKM Bangi, Selangor, Malaysia. *Email: sufian@jkr.gov.my, International Journal of Automotive and Mechanical Engineering (IJAME) ISSN: 2229-8649 (Print); ISSN: 2180-1606 (Online); Volume 13, Issue 2 pp. 3361 - 3372, September 2016 ©Universiti Malaysia Pahang Publishing
- [13] Partha Sarathee Bhowmik1, Sourav Pradhan2 and Mangal Prakash3, Fault Diagnostic and Monitoring Methods of Induction Motor: A Review, 1Department of Electrical Engineering, National Institute of Technology, Durgapur, India, 2Department of Electrical Engineering, National Institute of Technology, Durgapur, India, 3Department of Electrical Engineering, National Institute of Technology, Durgapur, India, International Journal of Applied Control, Electrical and Electronics Engineering (IJACEEE) Volume 1, Number 1, May 2013
- [14] WEIDONG LI Pinchin Environmental Ltd, 5749 Coopers Avenue, Mississauga, Ontario, L4Z 1R9, Canada, CHRIS K. MECHEFSKE Department of Mechanical and Materials Engineering, Queen's University, Kingston, Ontario, K7L 3N6, Canada (chrism@me.queensu.ca), Detection of Induction Motor Faults: A Comparison of Stator Current, Vibration and Acoustic Methods, (Received 10 August 2004 accepted 24 October 2005)
- [15] Muhammad Aman Sheikh, Nursyarizal Mohd Nor, Taib Ibrahim, Sheikh Tahir Bakhsh, M.Irfan, Nordin B Saad, An Intelligent Automated Method to Diagnose and Segregate Induction Motor Faults, J. Electrical Systems 13-2 (2017): 241-254

- [16] Akshat Singhal, Meera A. Khandekar, Bearing Fault Detection in Induction Motor Using Motor Current Signature Analysis, *International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering* Vol. 2, Issue 7, July 2013
- [17] Martin Blödt, Pierre Granjon, Bertrand Raison, Jérémie Regnier, Mechanical Fault Detection in Induction Motor Drives Through Stator Current Monitoring - Theory and Application Examples, HAL Id: hal-00485734 <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00485734> Submitted on 21 May 2010,
- [18] Sukhjeet Singh, Amit Kumar, Navin Kumar, Motor Current Signature Analysis for Bearing Fault Detection in Mechanical Systems, 3rd International Conference on Materials Processing and Characterisation (ICMPC 2014), ScienceDirect
- [19] A Dissertation by Lin Wang, Induction Motor Bearing Fault Detection Using a Sensorless Approach, Submitted to the Office of Graduate Studies of Texas A&M University in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy, May 2007
- [20] Mounir Djeddi, Member IEEE, Pierre Granjon, and Benoit Leprettre, Bearing Fault Diagnosis in Induction Machine Based on Current Analysis Using High-Resolution Technique, Date Added to IEEE Xplore: 04 December 2007
- [21] Retter Gyula: Egységes villamos gép elmélet, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1976
- [22] SILEX IPARI AUTOMATIZÁLÁSI KFT. TMI-02 Villamos forgatónyomatékmérő műszer, Használati útmutató, Azonosítószám: 300-01-01-090-2.1, 2000 november
- [23] Norbert Hesselmann, Digitális jelfeldolgozás, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1985
- [24] Farkas András-Gemeter Jenő-Nagy Lóránt: Villamos gépek, ÓE-KVK 2043, Budapest, 2010
- [25] Kovács K. Pál: Villamos gépek tranziens folyamatai, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1970
- [26] Halász Sándor: Villamos hajtások, Havas&Társ, Budapest, 1987
- [27] Halász Sándor: Automatizált villamos hajtások I., Tankönyvkiadó, Budapest, 1989
- [28] Halász Sándor-Hunyár Mátyás-Schmidt István: Automatizált villamos hajtások II., Műegyetem Kiadó, Budapest, 1998
- [29] M. Muteba, "Dual Stator Dual Rotor Interior Permanent Magnet Synchronous Motor for Hybrid Electric Vehicles," 2020 IEEE Transportation Electrification Conference & Expo (ITEC), 2020, pp. 462-465, doi: 10.1109/ITEC48692.2020.9161707.
- [30] T. Imakawa, K. Chimata, N. Hoshi, A. Chiba, M. Takemoto and S. Ogasawara, "Characteristic measurements of switched reluctance motor on prototype electric vehicle," 2012 IEEE International Electric Vehicle Conference, 2012, pp. 1-8, doi: 10.1109/IEVC.2012.6183265.

Csikósné Pap Andrea Edit: Az akkumulátorok rövid története

Óbudai Egyetem, Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar

Absztrakt: Mindennapjaink nélkülözhetetlen és észrevétlen kelléke, segítője az akkumulátor. Nagyon sok eszközben és szinte minden területen használjuk, így aztán igen sok fajtája létezik ezeknek eszközöknek. Az elektronika robbanásszerű fejlődése igen nagy hatással volt fejlődésükre. Rendkívül sok villamosmérnöki konstrukció alkalmazza őket kis méretű, mobil energiaforrásokként pl. beágyazott rendszerekben, IoT megoldásokban is. Mivel a tudományterületek egyre inkább átfedésbe, szimbiózisba kerülnek egymással, ebben a cikkben egy rövid áttekintést olvashatnak evolúciójuk, csoportosításuk és alapvető működési elvük szerint.

Bevezetés

Egy iraki, Bagdad közeli ásatáson, az 1900-as évek elején feltárt sírban fellelt emlékek között találtak egy olyan agyag edényt, melynek zárt, felső részéből egy rézlemezről készült, hengeres csővel körülvett vasrúd emelkedett ki. Mivel nagyon hasonlított szerkezete és anyaga miatt a ma ismert elemre, ezért tesztelési céllal, elektrolittal feltöltötték az edényt. Nagyjából 2 V potenciálkülönbséget mértek a vas és a réz alkatrészek között. Egyesek, ezeket a tárgyi emlékeket tartják az első, s így közel 2000 éves, „Parthian akkumulátoroknak”. Akár helyes ez az izgalmas feltételezés, akár nem, az bizonyos, hogy az első akkumulátorok az 1700-as években jelentek meg. Viszonylag sok írásos dokumentum is olvasható a korai kísérletekről is, és ezek alapján elmondható, hogy abban megegyeznek utódaikkal ezek a berendezések, hogy kémiai energiából állítanak elő elektromos energiát és egyenfeszültség tárolására alkalmasak. Utóbbi tulajdonságaik miatt a jármű- és energiaipari alkalmazások, technikai megvalósítások is alkalmazzák, igyekezve ezzel az úgynevezett zöld energia irányába eltolni az energia-mérleget.

Röviden az elektrokémiáról

Az akkumulátorok alapvetően tartós elektromos áramot biztosító berendezések. Ezekben kémiai-, mozgási-, vagy fényenergia energia átalakítása zajlik elektromos energiává. Ezen megoldások, egyszerű berendezések, lehetnek egyszer használhatóak, azaz primer akkumulátorok, vagy többször használhatóak, azaz szekunder akkumulátorok. Az alapvető különbség a két csoport között az, hogy a bennük lezajló, energiát szolgáltató folyamat megfordíthatók, azaz, reverzibilisek-e. Az a kémiai reakció, ami az energiaszolgáltatásra képes, elektrokémiai reakció [1].

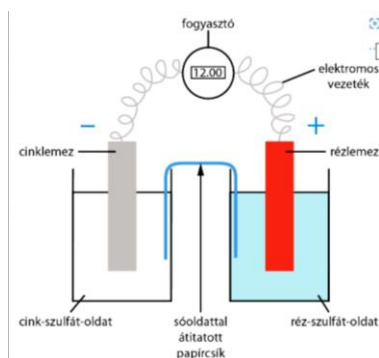
Az elektrokémiai folyamatok heterogén redoxireakciók, amelyekben az oxidáció és a redukció mindig a folyékony és a szilárd halmazállapotú anyag érintkezési, más szóval határfelületén megy végbe, térben egymástól elkülönítve, miközben elektromos energia szolgáltatása vagy felhasználása történik.

Az elektrokémia a kémiai és elektromos energia kölcsönös átalakulásával foglalkozik, azokat a folyamatokat és jelenségeket tárgyalja, amelyek az ionos rendszerekben, valamint az ionos rendszer - fém (fémes vezető) illetve félvezető határán (elektrodokon) lépnek fel. Az elektrokémiai reakciók, a hasonlóság ellenére sem azonosak a kémiai redoxireakciókkal.

Az elektrokémiai rendszer részei a következők;

- Elektrolit: szabadon mozgó elektronokat tartalmazó oldat vagy olvadék, amely vezeti az áramot.
- Elektród: az elektrolitoldattal közvetlenül érintkező fémes vezető.
- Fémes vezető: fémhuzal, amely összeköti az elektródokat, biztosítja az elektronok áramlását az elektródok között.

Az elektród lehet a fém és a fém ionjait tartalmazó oldat, amelybe a fém belemerül (fémelektrod). De lehet hidrogén-tartalmú (pl. sósav) oldat is és a belemerülő indifferens (pl. platina) fémen adszorbeált hidrogéngáz (hidrogén-gázelektrod). Általánosan, az elektród egy elem redukált és oxidált alakját tartalmazó rendszer, mely oldatot és a vele érintkező, fémes vezetőben folytatódó fázist tartalmaz (1. ábra).



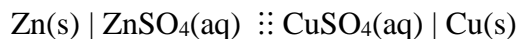
1. ábra: Elektronkémiai cella vázlatja.

A galvánelemek pedig olyan berendezések, amelyekben a kémiai reakció elektromos áramot termel irreverzibilis módon, azaz primer akkumulátorok. Az egyik legegyszerűbb, laboratóriumban könnyen összeállítható elem névadója J. F. Daniell angol kémikus (1790–1845). Ebben az egyszerű rendszerben a fémlemezek saját ionjaikat tartalmazó oldatba merülnek. Hasonlóan, a galvánelemekben is, a két elektród két különböző, saját elektrolitjába merülő fém vagy fémes vezető, melyet fémes vezető köt össze. Ezeket a diafragma választja el, így az elektródok elektrolitjai érintkeznek egymással, de keveredésüket megakadályozza, az ionok mozgását az elektrolitok között megengedi.

Általánosan az elektród lehet a fém és a fém ionjait tartalmazó oldat, amelybe a fém belemerül (fémelektrod). De lehet hidrogén-tartalmú (pl. sósav) oldat is és a belemerülő indifferens (pl. platina) fémen adszorbeált hidrogéngáz (hidrogén-gázelektrod).

Általánosan, az elektród egy elem redukált és oxidált alakját tartalmazó rendszer, mely oldatot és a vele érintkező, fémes vezetőben folytatódó fázist tartalmaz.

Egy ilyen rendszer energiatermelési folyamatát röviden a celladiagrammal tudjuk jellemezni. Ebben a felírási módban balról jobbra szerepel az anód, majd a katód:



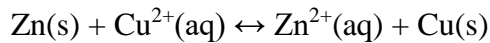
ahol \mid : fázishatár

$::$: elegyedő folyadékok csatlakozása

(s): szilárd fázis

(aq): vízben oldott só

Maga a kémiai egyenlet a következő:



A mérhető cellafeszültség, azaz a cellapotenciál: $E = E_{\text{jobb}} - E_{\text{bal}} = E_{\text{katód}} - E_{\text{anód}}$

Az elektródokon lejátszódó, úgynevezett félreakciók, a töltésátmenettel járó folyamatok:

Cinkelektrod: $\text{Zn} \rightarrow \text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^-$ (oxidáció)

Rézelektrod: $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$ (redukció)

Ezek alapján, a cellafeszültség a galváncella elektromotoros ereje, E_{MF} , ami akkor lenne mérhető, amikor a cella mérőáramkörében nem folyik áram. Ekkor a félcellák töltésátviteli folyamatai és a fázisokon belül lejátszódó kémiai folyamatok egyensúlyban vannak.

Terhelő ellenállás, fogyasztó áramkörbe kapcsolásával a galváncella kisül, 90%-os hatékonyságú működéssel táplálva a fogyasztót.

Működő elektrokémiai reaktorban: $E = |E_{\text{jobb}} - E_{\text{bal}}| + IR_c$

ahol R_c a cella belső ellenállása, I a cellán átfolyó áram, és IR_c negatív előjelű.

A galvánelem addig tud munkát végezni, amíg távol van az egyensúlytól. Ekkor áramot termel, miközben igyekszik az egyensúlyi helyzetébe visszakerülni. Ennek során a (tehetetlen) feszültsége egyre kisebb lesz, ez az úgynevezett kapcsolófeszültség. Amint a benne lejátszódó reakció eléri az egyensúlyi helyzetet, nem szolgáltat tovább áramot, azaz kimerül az elem. Amikor ez a folyamat megfordítható, reverzibilis, akkor beszélünk szekunder akkumulátorról.

Jó közelítéssel megfordíthatóan működő galváncellák, amelyekben kimerülés, azaz a hatóanyagok részbeni elhasználódása után, ellentétes irányú áram átvezetésével visszaállítható az eredeti állapot, és ez a folyamat nagyon sokszor megismételhető. Az akkumulátor töltésekor annak negatív elektródjában redukció (ez lesz a katód), pozitív elektródjában oxidáció (ez lesz az anód) megy végbe.

Fontos, hogy az áramtermelés és az eredeti állapot visszaállítása (a kisütés és töltés) minél jobban közelítse meg a termodinamikai értelemben vett reverzibilitást.

Az akkumulátorok jellemző fizikai paraméterek

Fontos az akkumulátorok egyedi jellemzése, de az összehasonlíthatóság szempontjából is, hogy azonos körülmények között megállapított, azaz mért paraméterekkel jellemezzük. Ezek az alábbiak:

- Az aktív anyag kihasználási tényezője.
- Töltéskapacitás (amit a cella adott, végső elektromos potenciálkülönbségéig történő kisütéséig, meghatározott feltételek mellett át tud adni)
- Töltéssűrűség (Ah/m^3), specifikus töltés (Ah/kg)
- Energiacapacitás
- Energiasűrűség (Wh/m^3), specifikus energia (Wh/kg)
- Töltéshatásfok
- Energiahatásfok

- Ciklusszám
- Memóriaeffektus

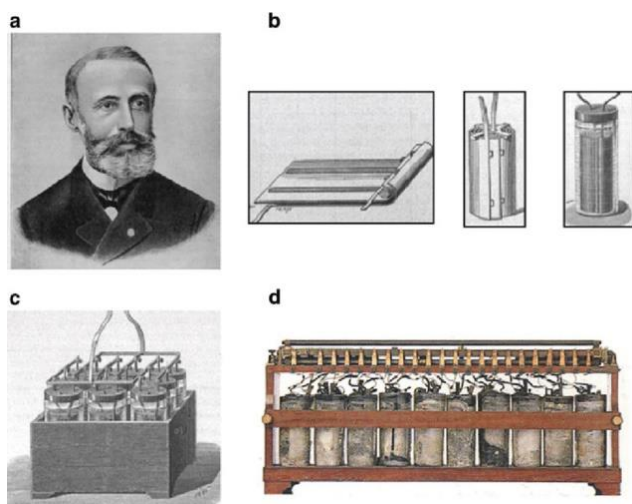
Kihhasználási tényező: egy adott időszakban ténylegesen megtermelt, és az elméletileg maximálisan megtermelhető energia hányadosa.

Ciklusszám: a töltésből és kisütésből álló ciklusok száma, amelyek után az akkumulátor kapacitása még nem csökken a kapacitás normál értéke alá.

Memóriaeffektus: hiba, amikor egy akkumulátor feszültsége annak ellenére csökken, hogy az akkumulátor eredeti teljesítménye változatlan marad. Ez leginkább akkor fordul elő, amikor a nem teljesen lemerült akkumulátorra töltenek rá. Ez üzemidő csökkenéshez vezethet, ezért érdemes olykor teljesen kisütni az akkumulátort.

A Li-akkumulátorok múltja

A lítium-ion akkumulátor nem az első újratölthető akkumulátor a történelemben. Gaston Planté (1834 - 1889) francia fizikus tekinthető elsőnek a feltalálók sorában, aki 1859-ben megépítette az az első ólom- és sósav akkumulátort. Gyakorlatilag napjainkban is ezt a fajta akkumulátort találjuk meg a leggyakrabban járműveinkben.



2. ábra: a Raymond Louis Gaston Planté; b az ólom-sav-cella korszakalkotó tervéről készült eredeti rajz; c egy kilenc ilyen cellából álló akkumulátor; d egy korai Planté-cellás akkumulátor [2].

Planté tulajdonképpen egy ólomlemeztekert fel, amelyet kénsavba merített. Ebben az elrendezésben a katód ólom-dioxid volt. Az anódot és a katódot gumiréteg választotta el egymástól (2. ábra).

A következő feltaláló, akit érdemes megemlíteni, Ernst Waldemar Jungner. Ő 1899-ben ezüst-kadmium akkumulátort épített.

Később, Thomas Edison, 1910-ben találta fel a nikkellavas akkumulátort. Ami már hihetetlenül hosszú élettartamú volt. A több mint 30 éves üzemidő is gyakori, de akár a 40 év is lehetséges, ráadásul szélsőséges hőmérsékleteket is kibír ez a fajta akkumulátor. Akár 80%-ban lemeríthető, és még mindig nem bomlik le katasztrofálisan, valamint jól tűri a túltöltést. Ráadásul akkor teljesít a legjobban, ha gyorsan töltődik, így ideális napelemes alkalmazásokhoz, mint energiátároló egység.

Georg Neumann 1947-ben kitalálta, hogyan lehet a nikkel-kadmium akkumulátorokat gázzáróan lezárni, ami igen fontos áttörés volt.

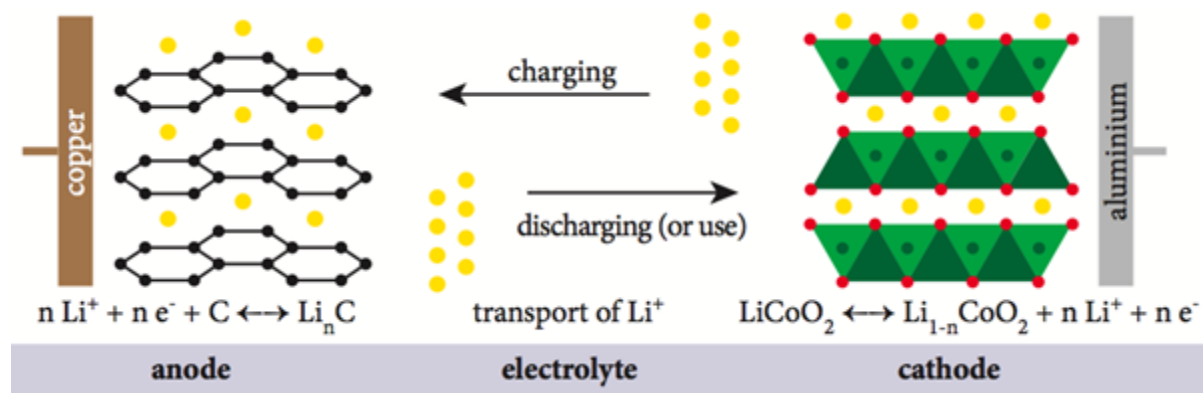
1967-ben a Battelle-Geneva Kutatóközpont megkezdte a nikkel-fémhidrid (NiMH) akkumulátor kutatását. Ez az akkumulátor a NiCd-akkumulátorok kapacitásának többszörösét biztosította, és az energiasűrűsége is nagyobb volt. A NiMH-akkumulátorokat a korai elektromos járművekben, köztük mindenféle hibrid járműben általánosan használták. 2020 után a piac szinte minden szegletében a Li-ion akkumulátorok váltották fel őket.

1970-ben M. Stanley Whittingham kifejlesztett egy interkalációs koncepciót egy új titán-diszulfid katódot, amit a Li-ion akkumulátorban alkalmazott. Ezt a munkát 1980-ban John Goodenough folytatta, de Rachid Yazami volt az, akinek sikerült megfelelő grafit anódot gyártania a Li-ion akkumulátorokhoz. Koichi Mizushima munkája pedig már a lítium-kobalt-oxid (LiCoO₂) akkumulátor megalkotásához kapcsolódik.

Végül a SONY volt az a cég, amelyik képes volt bevezetni a kereskedelmi forgalomban is kapható Li-ion akkumulátorokat, 1991-ben.

A Li-ion akkumulátor működési folyamatainak áttekintése

A lítium-ion akkumulátorok praktikusságuk miatt terjedtek el, hiszen akár többeszer is újratölthetőek. A romlás az élettartam 80%-ánál még mindig jelentéktelen. Az energiasűrűség akár 200 W/kg is lehet. Mindez az akkumulátorban lejátszódó kémiai reakcióknak köszönhető.



3. ábra: Az interkaláció jelensége [3].

A működés alapelve röviden a következő. A cellákban szilárd elektrolitokat találunk, pl. LiClO₄-et tartalmazó poli(etilén-oxid)-ot, vagy valamilyen szerves oldószerben, pl. dietil-karbonátban, etil-karbonátban vagy propilénkarbonátban oldott LiPF₆-ot. A cella egyik elektródja fém lítiumot tartalmaz, a másik pedig valamilyen alkalmasan megválasztott, réteges szerkezetű vegyületet, amely pl. a Li_xMO₂ (M valamilyen fém, pl. Co, Mn).

A rendezett kőso-szerkezetű LiCoO₂-ban váltakozva Co és Li síkok helyezkednek el a szoros illeszkedésű oxid rétegek között. Ezen rétegek közé Li-ionok tudnak beépülni, "beékelődni", illetve a rétegek közül kilépni (3. ábra). Ez az úgynevezett interkaláció jelensége.

A Li-ion akkumulátorok anyagai

A Li-ion akkumulátorokban használt anyagok meghatározóak a feszültség és a kapacitás tekintetében. A kiválasztott ásványi anyagok úgy működnek, hogy az anód elektronokat ad le, a

katód pedig elektronokat vesz fel. Az érték, hogy mennyi elektron mozog eközben, meghatározza az akkumulátorcella feszültségét.

Az elektronokat közvetítő elektrolit természetesen lítium-ion (Li^+). Pontosabban LiPF_6 vagy LiBF_4 karbonátészterekben oldva. Az anód grafit, a katód LiCoO_2 (lítium-kobalt-oxid).

A Li-ion akkumulátoroknak számos típusa létezik. Az egyik az úgynevezett lítium-ion polimer akkumulátor. Ezekben az akkumulátorokban az elektrolitban a szerves oldószert poliakrilonitril vagy polietilén-oxid váltotta fel, lítiumsóként pedig LiCF_3SO_3 -t. (Ezt a fajta akkumulátort elektromos kerékpárok használják.)

Általánosan igaz, hogy mindkét elektród interkalációs vegyületeket tartalmaz. Szokás ezeket Li-ion interkalációs celláknak (elemeknek) is nevezni. Ezekben a Li-ionok beépülnek a szilárd fázisú, réteges szerkezetű elektródanyagba. Az áramforrás negatív elektródja leggyakrabban grafitot tartalmaz, a másik elektród szilárd komponense lehet pl. a már említett LiCoO_2 . Az elektródok között nagy lobbanáspontú ($>100\text{ }^\circ\text{C}$) szerves elektrolit (vagy elektrolitoldat) helyezkedik el. A cella működésekor (töltés vagy kisütés) a lítium-ionok az egyik elektródtól a másik felé mozognak.

Az akkumulátor töltési és kisütési mechanizmusai

A töltés a Li-ionok mozgásából származik. De hol is vannak ezek az ionok a cellában? Amikor a cella teljesen feltöltődik, a katód (negatív töltésű elektród) tele van Li-ionnal. Ha ehhez a cellához terhelést kapcsolunk, (kisülés) a pozitív Li-ionok az elektroliton keresztül a negatív töltésű elektróda, lehetőleg lítium-kobalt-oxid felé lövellnek. Azonban ezek csak a Li atomok. Az elektromosság pedig tudjuk, hogy az elektronokból származik. Az elektronok más útvonalon haladnak. Amikor a Li-ionok a katód felé indulnak, az elektronok a katód felé mozognak és elhagyják a cellát, a terhelés felé, amely bármilyen fogyasztó lehet. A terhelésen keresztül az elektronok elérik az anódot és a grafit szerkezetet, ahol tárolódnak. A grafit kémiai szempontból inaktív.

A cella feltöltéséhez külső energiaforrásra van szükségünk, amely a Li-ionokat az anódra, a grafitrétegbe kényszeríti.

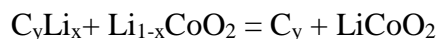
Tipikusan; a cellák optimális feszültsége 3,6 V, az üres celláé 3,0 V, a teljesen feltöltött celláé 4,2 V.

Minden akkumulátornak rendelkeznie kell valamilyen szabályozó áramkörrel, amely megakadályozza a túltöltést, vagy a túlzott kisütést.

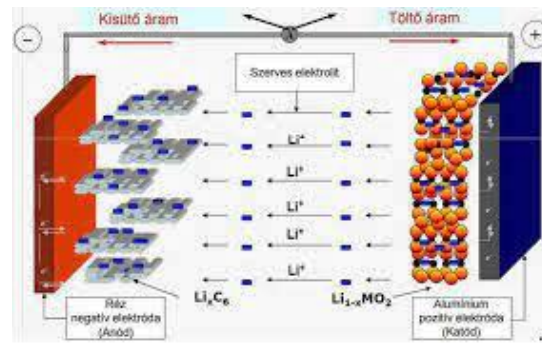
Celladiagramja:



Cellareakció:



$E_{\text{MF}}: \sim 3 - 4 \text{ V}$



4. ábra: Li-ion akkumulátor töltése és kisütése [4]

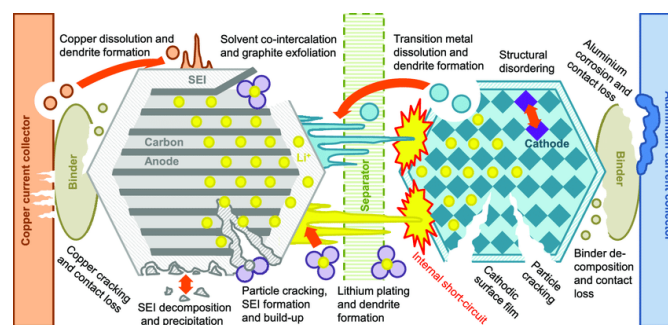
Akkumulátorok degradációja [5]

Interkaláció, kivonás

Az időszakos újratöltési ciklusok rontják a LiCoO_2 szerkezetét. Ez a negatív változás nagyon lassú, de elkerülhetetlen, a mai technológiai lehetőségek, megoldások szintjén. A romlás, azaz degradáció, a Li-ionok cellán belüli mozgása miatt következik be. Ezek az ionok minden ciklusban más-más helyet foglalnak el a katód és az anód anyagában. Amikor az ionok visszahelyeződnek (interkalálódnak) a grafítba vagy a lítium-kobalt-oxidba, ezek a struktúrák egy kicsit megváltoznak. Összehúzódnak, megduzzadnak, vagy részecskék válnak le róluk.

Szilárd elektrolit határfelület (SEI)

Már az első kisüléskor kialakul, amikor a Li-atomok áthaladnak az elektroliton. Ekkor ugyanis körülbelül 5%-uk az elektrolit és a grafénréteg (katód) közötti határfelületen ragad meg. Ennek a határfelületnek (rétegnek) képletesen két oldala van. Egyrészt hasznos, mert az akkumulátor korai élettartamában megakadályozza az elektronok és az elektrolit közvetlen érintkezését. Így az elektronok nem tudnak reakcióba lépni az elektrolittal és roncsolni azt. Másrészt ez a SEI-réteg idővel egyre vastagabbá válik. Ami azt jelenti, hogy több Li és elektrolit pusztul el. Kevesebb Li pedig kevesebb kapacitást jelent.



5. ábra: Li-ion akkumulátor degradációjának oka [5]

Hőmérséklet

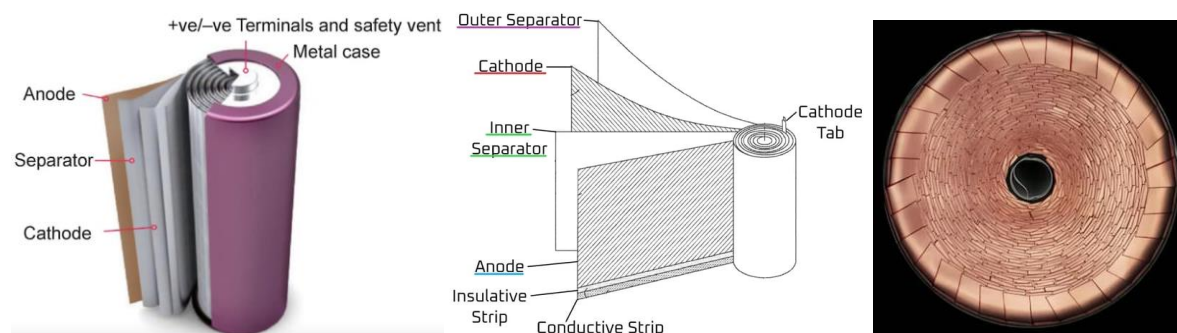
A magas hőmérséklet az ionok gyors mozgását okozza, de ez felgyorsítja a kedvezőtlen kimeneteleket is. A SEI réteg és a belső ellenállás gyorsan növekszik. A túl alacsony hőmérséklet viszont lelassítja az ionszállítást, és így csökkenti a kapacitást.

A Li-ion akkumulátorok jövője

Rendkívül intenzív kutatás-fejlesztés zajlik gyakorlatilag minden Li-ion akkumulátort gyártó és azokat, elsősorban, járművekben alkalmazó vállalatnál. Így csak röviden, a legfontosabbakat megemlítve teszünk kitekintést a jövő lehetőségei felé.

Tabless akkumulátorok (Tesla)

Az áramszedő a fóliához képest hosszirányban helyezkedik el. Előnyök: könnyebb gyártás, kisebb ellenállás, kevesebb hő. [6, 7]



6. ábra: Balra egy hagyományos akkumulátorcella felépítése, középen a Tesla új, úgynevezett tabless Li-ion cellájának szerkezete, jobbra egy felülnézeti fotó a Tesla tabless akkumulátoráról. [7]

Szilárdtest Li-fém akkumulátor

Nincs anód, helyette egy fémkontaktust alkalmaznak, amit egy szilárd kerámia szeparátor választ el a Li-magnézium-kobalt-oxidtól (katód). Előnyei: kisebb térfogat, nagyobb energiasűrűség. [8]



8. ábra: A szilárdtest Li-fém akkumulátor elvi rajza. [8]

LFP (Li-vas-foszfát) akkumulátorok

Előnyök: Nagyobb hőmérséklet-állóság, biztonságosabb, hosszabb tárolás idő használat nélkül, alacsony előállítási költség. [9]

Nátrium-ion akkumulátorok

Előnyök: Nagyobb energiasűrűség, környezetbarát, olcsóbb gyártás. [10]

QILIN akkumulátorok

A Contemporary Amperex Technology Company Limited (CATL) cég, Kína legnagyobb akkumulátorgyártójának innovációja. Kompaktabb, nagyobb hűtőfelületű, nagyobb leadható áramsűrűség, gyorsabban tölthető akkumulátor típus. [11]

Lítium-mangán-vas-foszfát (LMFP) akkumulátorok

Előnyök: alacsony gyártási költség, nem igényel karbantartást, jól tűrik a részleges töltöttségen történő tárolást. [12]

Összefoglalás

A primer és szekunder akkumulátorok története igen régre nyúlik vissza, de dinamikus fejlődésük csak néhány évszázados, a Li-ion akkumulátorok még ennél is fiatalabbak. Mégis, robbanásszerű előretörésük az alternatív energiaforrások sorában látványos, fejlődése még nem torpant meg. Az általuk biztosított energiasűrűség, alkalmazhatósági időtartam, élettartam nagyon kényelmes és jól kezelhető alternatívát kínál pl. a járművek, közlekedés piacán. Ne felejtjük el azonban azt, hogy bár egy elektromos autó zéró CO₂ kibocsátással működik, addig az akkumulátorok előállításuk komoly energiárfordítással és közvetlen CO₂ kibocsátással jár. Gondoljunk csak az alapanyagok bányászatára, ami rombolja a környezetet is, a nyersanyagok szállítására és feldolgozására. Ugyan az akkumulátorokat egyre nagyobb mértékben igyekszünk újrahasznosítani, de még így is negatív az energiámérlegünk. [13] Másképpen megfogalmazva, az elektromos autó csak annyira lehet tiszta, mint az a villamosenergia, amellyel az akkumulátorát újra és újra feltöltjük.

Irodalomjegyzék

- [1] Kiss László: Elektrokémia, Eötvös Lóránd Tudományegyetem, Tankönyvkiadó, Budapest (1985)
- [2] David A. J. Rand: A journey on the electrochemical road to sustainability, Journal of Solid State Electrochemistry, (2011) 15: 1579-1622
- [3] Eddy Brinkman: Electrochemistry behind rechargeable lithium ion batteries, Materials Technology, (31 July 2018)
- [4] Nagy László: Lítium-ion akkumulátorok üzemeltetési kérdései, Magyar Elektrotechnikai Egyesület, www.mee.hu prezentáció (2020)
- [5] C. R. Birkl, M. R. Roberts, E. McTurk, P. G. Bruce and D. A. Howey: Degradation diagnostics for lithium ion cells, Journal of Power Sources, (2017) 373-386
- [6] <https://www.youtube.com/watch?v=Rcw3vA0gAMs>
- [7] Steve Arar: Just how much of a „breakthrough” is Tesla’s tabless battery cell? All About Circuits, (7 October 2020) <https://www.allaboutcircuits.com/news/just-how-much-breakthrough-teslas-tabless-battery-cell/>
- [8] <https://www.youtube.com/watch?v=azACL3ILMo8>
- [9] https://www.youtube.com/watch?v=7rZolaga_sE
- [10] <https://www.youtube.com/watch?v=zKkUgb0Aass>
- [11] <https://www.youtube.com/watch?v=VeMjf6H0Pw4>
- [12] <https://cnevpost.com/2022/07/12/catl-said-to-mass-produce-lithium-manganese-iron-phosphate-batteries-within-this-year/>
- [13] Anisits Ferenc, Tóth László: A lítium-akkumulátorok gyártásának és újrahasznosításának CO₂ mérlege, Mezőgazdasági Technika (2017)

Szén István: A hidrogén jelentősége a megújuló energiaforrások integrációjában valamint szerepe a fenntartható energetikában és a „zöld iparban”.

Óbudai Egyetem, Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar - Elektrofizika Intézet, Hidrogéntechnológiák és Ipari IoT Tanszék (HTT), H-1034, Budapest, Bécsi út 94-96/A, Szőlő u. 4. szen.istvan@uni-obuda.hu

A cikk elején röviden összefoglalom az EU és hazánk motivációját és célkitűzéseit, majd ismertetem a hidrogénenergetikában rejlő lehetőségeket. Külön figyelmet kívánok szentelni a megújuló energiaforrások integrációjának lehetőségére, hiszen a hazánkra is jellemző nagyarányú napelemes erőművi penetráció számos megoldandó feladatot ad a hazai szakembereknek, mely megoldásokra egy megoldás lehet a “zöldhidrogén” gyártás. A hidrogén és a hozzá kapcsolódó értéklánc megjelent az iparban, a közlekedésben és a villamos energetikában, de számos országban már bizonyos háztartási eszközök is alkalmasak a hidrogén – mint energiahordozó – fogadására és átalakítására. Cikkemben és az előadáson egy átfogó képet szeretnék bemutatni az előttünk álló technológiáról valamint az Óbudai Egyetem, Kandó Kálmán Villamosmérnöki Karon folyó oktatásról és kutatásról

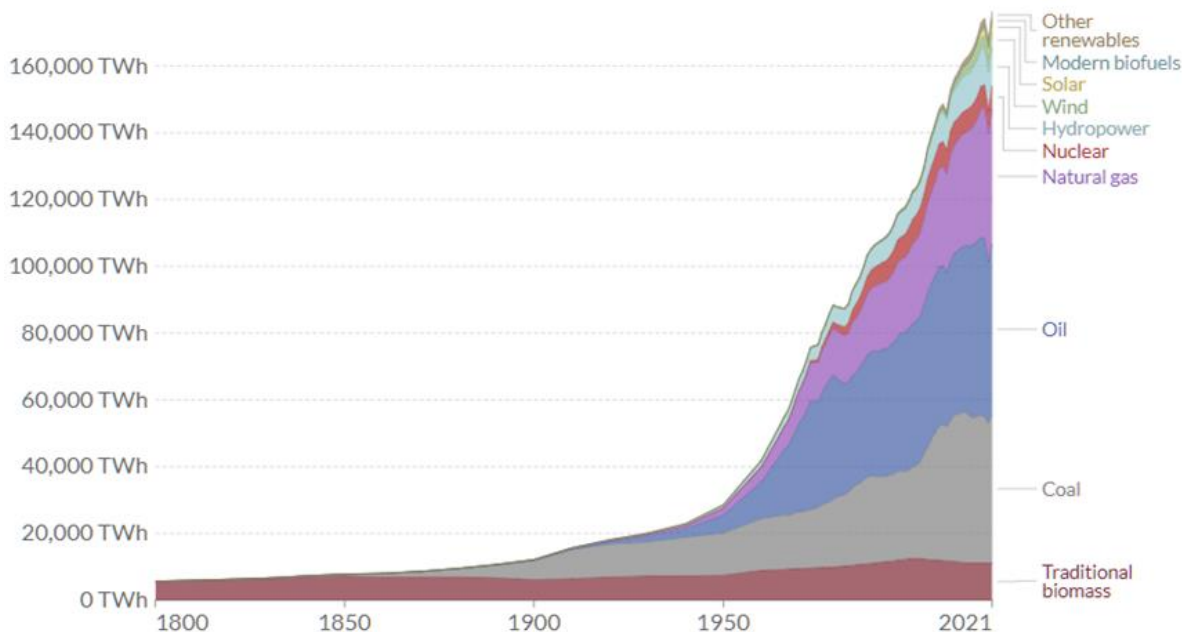
Keywords: hidrogén, energiastratégia, hidrogénenergetika, zöld hidrogén, megújuló energiaforrások, oktatás

1. Bevezetés, globális problémák

Az emberi létezés egyik alapja az energia. Az energiaforrások hasznosítása, az energia kinyerése elválaszthatatlanul kapcsolódnak az emberi fajhoz, az életben maradásunkhoz. Kezdetben az emberiség energiafelhasználása fenntartható volt, ami következik abból, hogy a népesség létszáma ideális volt és nem voltak olyan tevékenységei az embernek, ami globális szinten veszélyeztetné azt az érzékeny harmóniát és szimbiózist ami az ember és környezett között évszázadok alatt kialakult.

Az ipari forradalmat követően az egyensúly felborult. Az ipari méretű termelés feltétele lett az ipari méretű “energiakinyerés”. A 19. századtól a primer energiahordozók kitermelése és felhasználása gyorsuló ütemben növekszik (1. ábra). A kockázatos ütemben növekvő és “fejlődő” populáció egyre több energiát használ fel. Napjainkban a 8 milliárd ember, éves szinten kb. 14 000 Mtoe energiát emészt fel, melynek döntő része – több mint 80% fosszilis energiaforráson alapul. Egyértelmű, hogy hosszú távon, ilyen arányú igények mellett ez a fosszilis primerenergia-forrás igény fenntarthatatlan.

Az emberiség jövőjének szempontjából fontos a károsanyag kibocsájtás mérséklése, az üvegházhatású gázok kibocsájtásának redukálása és a fosszilis üzemanyagoktól való függőségünk csökkentése. A megújuló energiaforrások használata számtalan ponton előnyösen befolyásolhatja a fenti folyamatokat, de azok időjárásfüggősége, sztochasztikus energiatermelési tulajdonságaik, helyhez kötött, nagy kiterjedésű telepítési területük további innovatív és mobilizálható megoldások fejlesztését igénylik. Véleményem szerint, az energiakonverzió és –szállítás egyik legmeghatározóbb eleme lehet a hidrogén, mely azon túl, hogy nagy reményekkel kecsegtető energiahordozó, az energiaigénnyel rendelkező szektorok közötti kapcsolatot biztosító elem is lehet.



7. Ábra Globális primerenergia-fogyasztás, forrás szerint [1]

2. A Hidrogén jelentősége tulajdonságai

A hidrogénnel kapcsolatos technológiák (elektrolizáló, kompresszor, tüzelőanyagcella, hidrogéntárolás, hidrogén szállítás és - felhasználás) gyakorlatilag készen állnak a felhasználásra, de piaci szempontból néhány paraméternek a fejlesztése még szükséges, annak érdekében, hogy a technológia gazdaságosan működtethető legyen és szerepet kapjon a körforgásos gazdaságban.

A hidrogén nem üvegházhatású gáz, nem toxikus, nem rákkeltő és a környezetbe kerülve nem okoz semmilyen ökológiai kárt. Elvileg korlátlan mennyiségben rendelkezésre áll, továbbá energiatartalma kimagasló: ~ 120 MJ/kg. A hidrogén sűrűsége rendkívül alacsony, a térfogategységre jutó energiasűrűsége sajnos csekély, s ebből a tényből adódik, hogy felhasználása során a jelenlegi gyakorlatban vagy cseppfolyósítják (8,5 MJ/l) vagy sűrítik 200-700 barra ekkor energiatartalma kb.: 3-5 MJ/l.

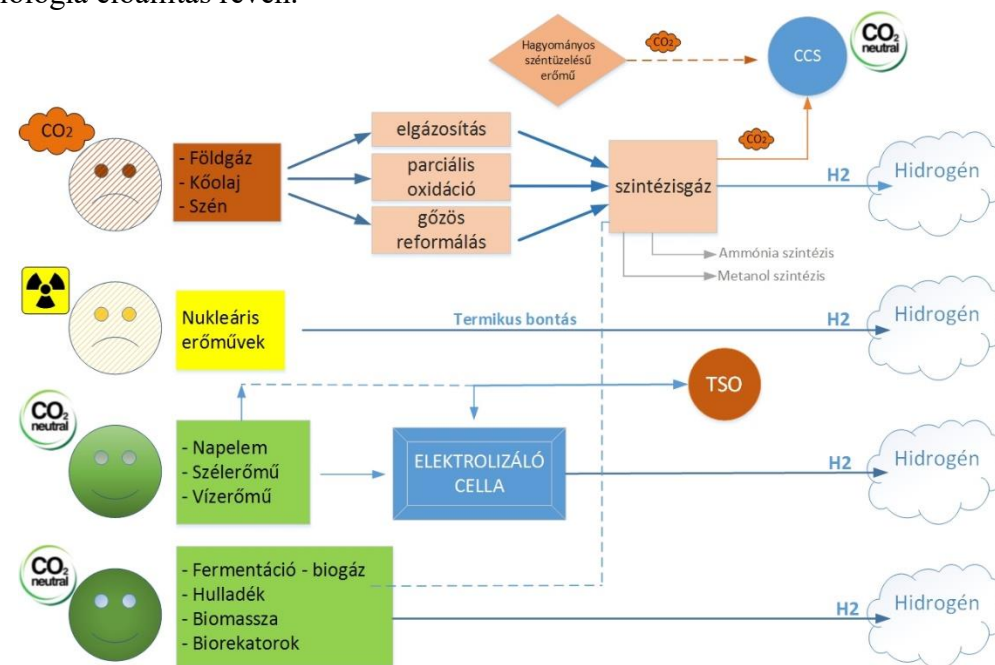
A hidrogén cseppfolyósítása -253°C -on történik. A cseppfolyósítás meglehetősen nagy energiabefektetést igényel, a hidrogén energiatartalmára vetítve a folyamat energiaszükségletét, azt mondhatjuk, hogy a hidrogén energiatartalmának kb. 30%-át „elveszíti”

Az atmoszferikus nyomású hidrogén kompressziójához szükséges energia természetesen függ a végső nyomástól és a komprimálás technológiájától, de ha jelenlegi technikai színvonalat vesszük alapul, akkor a hidrogén a sűrítési folyamat során kb. 9-15%-át veszíti el energiatartalmának.

Hidrogénelőállítás tekintetében négy fő módszert és azok speciális változatait különböztetjük meg (3. ábra), így a hidrogén előállítás történhet:

- fosszilis energiaforrásokból,
- nukleáris folyamatok révén,

- megújuló energiaforrás alapon – elektrolízis segítségével,
- biológia előállítás révén.



8. ábra: A hidrogénelőállítás módszerei [2]

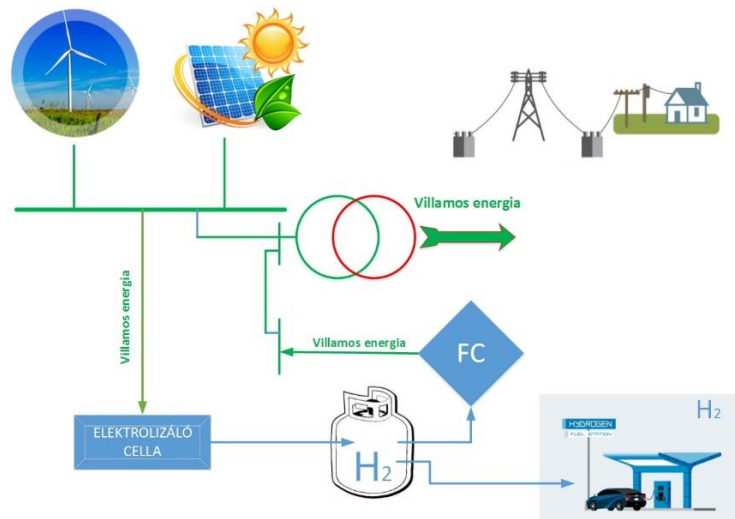
Ha megvizsgáljuk a világ hidrogéntermelését, sajnos jelentősen egyszerűbb képet kapunk, ugyanis a hidrogén túlnyomó többségét (96%-át) napjainkban fosszilis energiaforrás bázison állítják elő – „barna hidrogén” - és mindössze a világon előállított hidrogén kb. 4%-a származik közel karbonsemleges forrásból – „zöld hidrogén” [2].

Könnyedén beláthatjuk, hogy az említett fosszilis energiaforrásokra épülő hidrogén infrastruktúra környezetterhelő, nem válthatja be a hozzá fűzött környezetvédelmi reményeket. Továbbá figyelembe véve azt is, hogy a fosszilis források végesek megállapíthatjuk, hogy az energiabiztonság és fenntarthatóság felé támasztott elvárásaink nem valósulnak meg.

Nyilvánvalóan olyan hidrogénelőállítási módot kell preferálnunk, mely környezetkímélő és fenntartható, ugyanakkor nem szabad megfeledkeznünk a kapcsolódó technológiák gazdasági aspektusairól sem.

Alapvetően két domináns megújuló energiaforrás integrálható hatékonyan, a szélenergia és a napelem. A hidrogénnel történő integráció azon túl, hogy karbonmentes, zöld hidrogént eredményez, további előnnyel is rendelkezik. A villamosenergia-rendszer stabilitását és szabályozhatóságát tudjuk elősegíteni esetleg biztosítani az alternatív energiaforrásokkal való integrációval.

Az időjárásfüggő – sztochasztikus - termelők, a hidrogént energiapufferként való használatával kiszabályozhatóvá válnak, az eredő energiafelhasználásban az időjárás hatásai tompíthatók.



9. ábra: A "zöld hidrogén" felhasználás elvi vázlata [2]

3. A fontosabb EU intézkedési csomagok

Napjainkban a „Párizsi Megállapodás” a nemzetközi és európai uniós klímapolitika meghatározó eleme, bár kidolgozása 2015-re tehető, jelentősége elvitathatatlan. A világ országai a megállapodás elfogadásával kifejezték együttes szándékukat, hogy közösen tesznek lépéseket, annak érdekében, hogy sikeresen fellépessenek az éghajlatváltozással szemben. A 2016. november 4-én hatályba lépett megállapodás célja, hogy a globális átlaghőmérséklet emelkedését jóval 2 °C fok alatt tartsa, törekedve arra, hogy a hőmérséklet-emelkedés az iparosodás előtti átlaghőmérséklethez képest a 1,5 °C fokot ne haladja meg felismerve, hogy ez jelentősen csökkentené az éghajlatváltozás kockázatait és hatásait. [3]

A Párizsi Megállapodást követő 3. évben, 2018-ban jelent meg A „Tiszta bolygót mindenkinek – Európai hosszú távú stratégiai jövőkép egy virágzó, modern, versenyképes klímasemleges gazdaságról” című stratégia, A hosszútávú stratégia legfontosabb elemei, pillérei:

- Az energiahatékonyság előnyeinek maximalizálása, épületek energetika korszerűsítése,
- A megújuló energiaforrások alkalmazása a dekarbonizáció érdekében,
- A tiszta mobilitás megvalósítása,
- A versenyképes uniós ipar és a körforgásos gazdaság,
- Intelligens hálózati infrastruktúra és a szektorok közötti kapcsolat kialakítása,
- A fennmaradó CO₂-kibocsátás kezelése szén-dioxid-leválasztással és –tárolással.

2019-ben az új Európai Parlament az Európai Bizottság elnökének megválasztását ahhoz kötötte, hogy az elnök mutasson erős klíma- és környezetpolitikai ambíciót. 2019. december 11-én megjelent az Európai Zöld Megállapodásról szóló bizottsági közlemény [4]. A Zöld Megállapodás szerint ahhoz, hogy az Európai Unió 2050-re klímasemlegessé válhasson, létre kell hozni a megfelelő energetikai infrastruktúrát, támogatni kell az innovatív technológiák térnyerését, mint például a smart grid koncepció és hidrogénhálózatok.

Az Európai Bizottság 2020. szeptember 17-én megjelentette „Az EU 2030-ra vonatkozó éghajlatvédelmi törekvéseinek fokozása – Beruházás a klímasemleges jövőbe az európai polgárok érdekében” című bizottsági közleményét, majd 2021. július 14-én az Európai Bizottság elfogadta a „Fit for 55” jogalkotási javaslatcsomagot az európai zöld megállapodás részeként, amelynek célja, hogy megerősítse az EU globális klímavezető pozícióját. A csomag célja a meglévő jogszabályok korszerűsítése az EU 2030-ra vonatkozó éghajlat-politikai céljával összhangban, és új szakpolitikai intézkedések bevezetése, amelyek elősegítik a gazdaságban, a társadalomban és az iparban szükséges átalakuló változások megvalósítását a klímasemlegesség 2050-ig történő eléréséhez, valamint ennek támogatására, a nettó kibocsátás csökkentésére. legalább 55% (1990-hez képest) 2030-ra. A magyar kormány a megjelenést követően a vétó lehetőségét lengette be.

A Bizottság kiemelt hangsúlyt fektetett a hidrogénre (főképp a megújuló alapú, zöldhidrogénre), amely álláspontja szerint elengedhetetlen az ipar dekarbonizációs folyamatainak eléréséhez. Ugyancsak kiemeli a hidrogén szerepét a közlekedési szektorban, továbbá fejlesztendő területeknek tekinti az infrastruktúra kiépítését, valamint a tárolási, szállítási lehetőségek fejlesztését.

Az EU-s intézkedési csomagok, hidrogént érintő legfontosabb pillérei és azok ütemezése:

I. fázis (2020 – 2024):

- a cél: a hidrogénelőállítás zöldítése,
- a hidrogén iránti kereslet felfuttatása, a hidrogén-ökoszisztéma alapjainak megteremtése,
- EU szinten 6 GW (megújuló alapú villamos energiát felhasználó) elektrolizáló kapacitás létesítését,
- 1 millió tonna/év zöld hidrogén előállítás.

II. fázis (2025 – 2030):

- a hidrogén, az integrált módon az energiarendszer részévé válik,
- Létre jön az egységes, Európai szintű hidrogénpiac,
- 2030-ra 40 GW elektrolizáló kapacitás EU szinten,
- 10 millió tonna zöld hidrogén előállítás éves szinten,
- a hidrogén versenyképessége a közlekedésben és a vasgyártásban,
- a hidrogén részt vesz a villamosenergia-rendszer szabályozásában.

III. fázis (2030- ...):

- a hidrogén alapvető szerepet kap az európai energetikai rendszerben,
- a megújuló alapú hidrogén-előállítási technológiák kiforrottá, széles körben alkalmazottá és versenyképessé válnak,
- a támogatások csökkennek, majd megszűnnek
- a hidrogén komoly szerepet játszik a nehezen dekarbonizálható ipari ágazatokban is.

A világ és az EU legnagyobb megdöbbenésére 2022. február 24-én Oroszország megtámadja Ukrajnát, melynek súlyos következményei lesznek az EU energiapolitikáját illetően is, így 2022. május 18-án Az Európai Bizottság előterjesztette a REPowerEU tervet, amely az Ukrajna elleni orosz invázió okozta nehézségekre és globális energiapiaci zavarokra reagál. Európa energiarendszerének átalakítása két ok miatt sürgető:

- meg kell szüntetni az EU orosz fosszilis tüzelőanyagoktól való függését, hiszen Oroszország gazdasági és politikai fegyverként használja a tüzelőanyagokat, amelyek évente közel 100 milliárd euróba kerülnek az európai adófizetőknek,
- továbbá kezelni kell a klímaválságot.

A REPowerEU tervben foglalt intézkedések a következőkkel segíthetik elő a törekvéseket: energiamegtakarítás, az energiaellátás diverzifikálása, valamint a megújuló energiaforrásokból előállított energia felgyorsított bevezetése annak érdekében, hogy mielőbb velük lehessen helyettesíteni a fosszilis tüzelőanyagokat a háztartásokban, az iparban és a villamosenergia-termelésben.

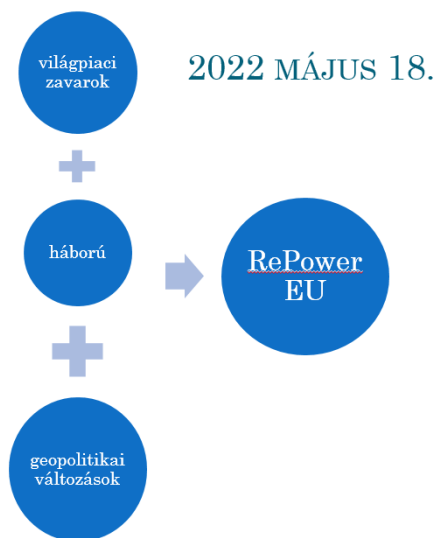
REPowerEU hatása a hidrogénsektorra:

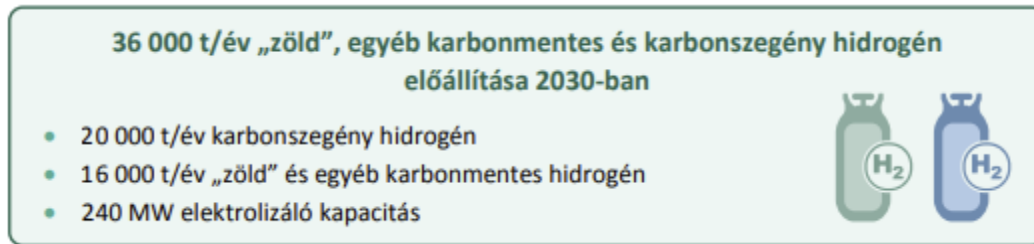
(RFNBO - Renewable Fuels of Non Biological Origins: Nem biológiai eredetű megújuló üzemanyagok)

- 10 millió tonna zöld hidrogéntermelés az EU-ban 2030-ra
- + 6 millió tonna import
- + 4 millió tonna import ammónia vagy egyéb megkötött formában
- 65 GW vízbontási kapacitás kiépítése 2030-ra, a korábbi 40 GW-hoz képest
- 50% helyett 70% RFNBO kötelezettség az iparban 2030-ra
- 2,6% helyett 5,7%-os RFNBO kötelezettség a közlekedési szektorban

4. Magyarország intézkedései, fontosabb projektjei

Magyarországon, a kormány, 2021. június 6-án tette nyilvánossá a hazai hidrogéntechológiai irányelvet: „Magyarország nemzeti hidrogénstratégiája” [5], mely összhangban van az Európai célokkal, így a hazai szürke hidrogén (magas karbonintenzitás jellemzi) előállítását vissza kell szorítani és ezzel a techológiával szembe a zöld hidrogén termelést kell előtérbe helyezni, így a megújuló energiaforrások integrációja is hatékonyabban valósulhat meg, s mindezek mellett a villamosenergia-rendszer stabilitása is fokozható.



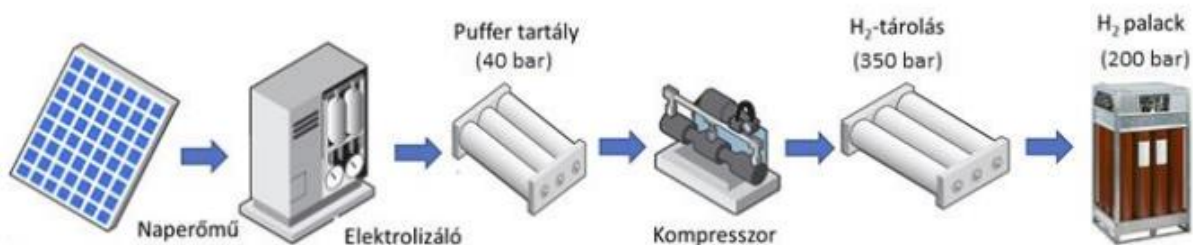


10. Ábra: Akcióterv, forrás: Magyarország nemzeti hidrogénstratégiája [5].

Hazai szinten, a Zöldgazdaság Fejlesztési Rendszer (ZFR) pályázati forrásai és magántőkealapok bevonásának hatására, 2020-21-ban aktív pályázati és szakmai munka kezdődött, melynek eredménye hogy Magyarországon 2023-ra várható az első, zöldhidrogén beruházás lezárása és a hidrogéntermelés megkezdése. A projekt Bükkábrányban zajlik és várhatóan a próbaüzemek 2023. év első felében indulnak.



Bükkábrányban üzemel Magyarország egyik legnagyobb (20 MW-os) napelemparkja, amihez egy 1 MW-os PEM elektrolizálócella fog kapcsolódni. Az itt előállított hidrogént nagy nyomáson fogja az üzemeltető tárolni a végfelhasználásig. A beruházások célja egy innovatív elektrolizáló technológia, majd egy nagynyomású hidrogén-palacktöltő rendszer integrációja a helyi naperőművel. A technológián kívül a projekt tudományos és oktatási célokat is szolgál majd. A résztvevő felek: a Bükkábrányi Fotovoltaikus Erőmű Projekt Kft, Szegedi Tudományegyetem és mint szakértő, tanácsadó ezen cikk szerzője.



11. Ábra: A Bükkábrányi Energiapark vázlatos folyamatábrája [6].



12. Ábra: Bükkábrányi naperőmű (32 hektár, 22,5 MW beépített kapacitás)

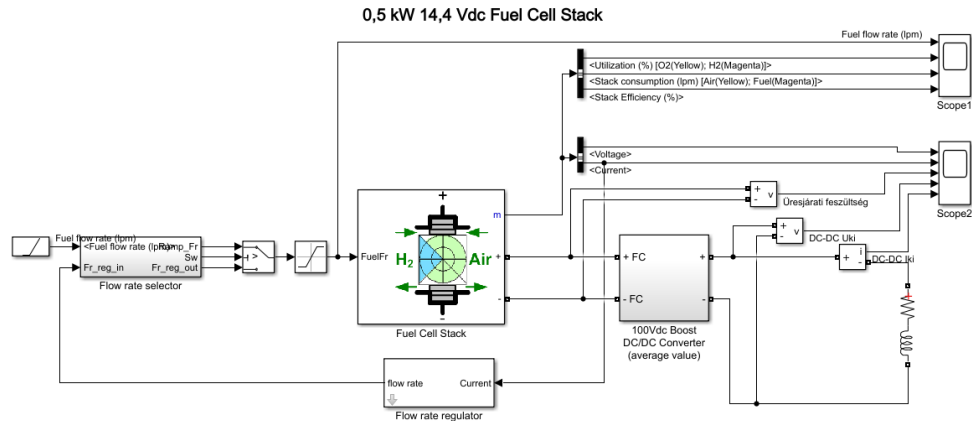
Hazai szinten jelenleg még egy projekt fut (Magyar Földgáztároló Zrt. - Kardoskút), s bár a hidrogén ott is elektrolízis útján jön létre, de ott nem biztosított a zöld hidrogén előállítás, hiszen hálózatról fogja vételezni a villamos energiát az elektrolizáló.

5. Az Óbudai Egyetem és a Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar eddigi eredményei és céljai.

Oktató és kutató-fejlesztő laboratóriumunk koncepciója 2016-2017-ben került megtervezésre (KVK VEI: Dr. Kádár Péter – Szén István). A labor az egyetem Szőlő utcai épületben található, melyben előbb a biztonságtechnikai feltételeket kellett megvalósítani, majd az eszközök, alkatrészek beszerzése következett.

Az elektrolízishez desztillált vizet használunk fel, a szükséges villamos energiát pedig napelemek segítségével állítjuk elő. A megtermelt hidrogént azonnal felhasználjuk, így tárolás nem valósul meg a laborban, melynek elsősorban biztonsági okai vannak. A hidrogént egy 500 W-os tüzelőanyag-cellában hasznosítjuk. A BSc oktatásunkban 2004 óta szerepel a tüzelőanyag cella mérés, de a jelenlegi laborban a hidrogént elő is tudjuk állítani a fenti módszerrel. Az oktatáson kívül a rendszer működési körülményeit tudjuk vizsgálni, majd a különböző speciális üzemeltetési körülmények eredményei alapján a folyamatot képesek vagyunk optimalizálni, a célunk az ideális hatásfok beállítása.

A működő fizikai modellek eredményei alapján az MSc képzésben matematikai modelleket hoznak létre hallgatóink MATLAB környezetben, s ezen a modellen folytatják a cellákkal kapcsolatos vizsgálatokat.



13. Ábra: MATLAB modell, optimalizációs számítások céljából

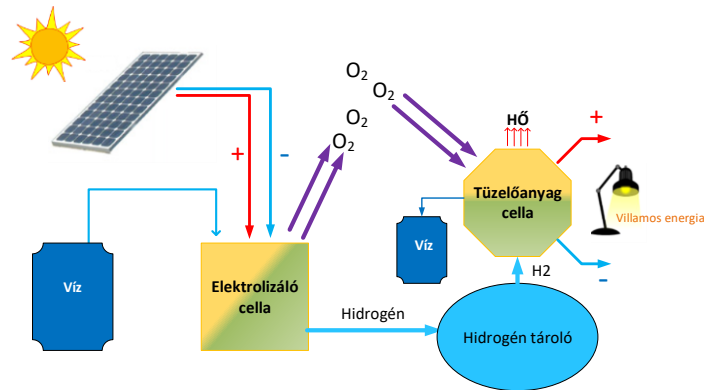
Tudományos Diákköri munkák, hallgatói projektek során a laborban különböző elektrolíziscellákat fejlesztettünk az elmúlt 4 évben során.



A hidrogén labor további fejlesztését tervezzük 2023-ban, korszerű mérési infrastruktúra felépítésével, speciális energetikai, rendszerszabályozási feladatokat szeretnénk megvalósítani, kutatásunk tervezzük kiterjeszteni a következő területekre:

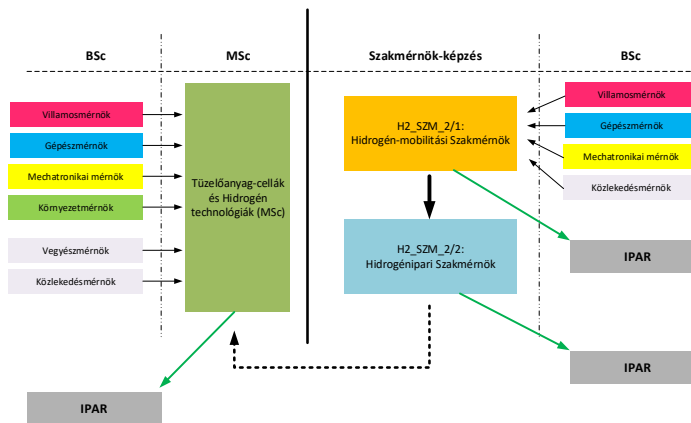
- az elektrolízis hatásfokának javítása
- a szélenergia és napenergiaegyüttes integrálása
- szigetüzemben működő energetikai rendszer megvalósítása
- Smart Grid szabályzási struktúra kidolgozása
- szinkron villamosenergia-rendszerhez kapcsolódó szabályzó rendszer kidolgozása
- kisméretű hálózatok üzemzavari állapotának javítása
- korszerű üzemirányítási rendszerbe integrált hidrogéntechnológia alkalmazása [7] [8] [9] .

Hosszútávú célunk egy fenntartó, karbonsemleges energetikai rendszer megalkotása, továbbá a hidrogénenergetika oktatási módszerének kidolgozása és a villamosenergiarendszer üzembiztonságának fokozása.



14. Ábra: Laborkoncepció (2017) [2]

2022. első félévben kidolgoztam egy komplex, oktatási struktúrát, melynek alkalmazásával hazai és nemzetközi szinten is megvalósul a Kandó Kálmán Villamosmérnök Kar, Hidrogéntechnológiai oktatása.



15. Ábra: Komplex oktatási struktúra a Kandó Kálmán Villamosmérnöki Karon

Hivatkozások

- [1] Hannah Ritchie and Max Roser: Energy Production and Consumption, <https://ourworldindata.org/energy-production-consumption> [hivatkozva: 2022. 10. 07.]
- [2] I.Szén - Hidrogén alapú energetika: XII. Óbudai Energetikai Konferencia Óbudai Egyetem (2017) 132 p. pp. 91-102. , 12 p.
- [3] „Az éghajlatváltozásról szóló Párizsi Megállapodás” : <https://www.consilium.europa.eu/hu/policies/climate-change/paris-agreement/#EU> [hivatkozva: 2022. 10. 07.]
- [4] Bizottság közleménye az Európai Parlamentnek, az Európai Tanácsnak, a Tanácsnak, az Európai Gazdasági és Szociális Bizottságnak és a Régiók Bizottságának, Az Európai Zöld Megállapodás, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM%3A2019%3A640%3AFIN>

- [5] Magyarország nemzeti hidrogénstratégiája, : <https://kormany.hu/dokumentumtar/magyarorszag-nemzeti-hidrogenstrategiaja>
- [6] Szén István, Dr. Endrődi Balázs, Bakos Imre, Pintér László, Koncz Bence, Dr. Janáky Csaba „A bükkábrányi naperőmű megújuló áramtermelését hasznosító innovatív energiatároló technológia fejlesztése” Hidrogén Hírlevél, 2021/4. szám https://hfc-hungary.org/H2_Hirlevel_2021_4_december.pdf
- [7] Péter, Holcsik ; Norbert, Nieberl ; Judith, Pálfi: Phases of the Smart Low-Voltage Distribution Network Implementation by System Theory Approach,
- [8] I.Szén, E.Rác: GH2 – Green Hydrogen: Hydrogen Energy in the light of sustainability Introducing a New Concept at Power Quality, International Conference on Renewable Energy and Power Quality
- [9] I.Szén - Energiabiztonság és ami mögötte van. Magyar Elektrotechnikai Egyesület (MEE) (2019) pp. 153-167. , 15 p.

Horváth S. R. , Nyitrai A. , Szabó G.: Háztartási méretű lendítőkerekes energiapuffer optimális tervezése

Joe Vortex Energy & Mobility, Budapest.

info@joevortex.com

Absztrakt: A viszonylag szűkös erőforrások, leginkább ritkaföldfém vegyületek felhasználásával összeállított és nem elhanyagolható tűzvesélyességi kockázatot magában hordozó elektrokémiai-akkumulátoros rendszernek egy költséghatékony alternatíváját jelenti a széles fordulatszám-tartományban működő lendítőkerekes megoldás: töltési és kisütési szempontból is gyors reagálásra képes; teljesítmény- és energiaspektrum tekintetében rugalmasan skálázható (bővíthető); egyszerűen telepíthető és biztonságosan üzemeltethető. A lendítőkerekes energiapuffer esetében a viszonylag egyszerű és átlátható működési elv bonyolult tervezési és analízis módszerek szükségességével párosul, emiatt az elmúlt évtizedben leginkább csak a különböző lítium-ion alapú rendszereket tartották műszakilag reális megoldásnak a háztartási gyakorlatban. A Joe Vortex Energy & Mobility kutatómérnökei által kidolgozott tervezési irányelvek és szimulációs módszerek háztartási méretben is elérhetővé teszik a bekerülési- és üzemeltetési oldalról egyaránt költséghatékony és hosszú élettartamú lendítőkerekes energiátárolást.

Kulcsszavak: energiátároló; szigetüzem; rendszerszimuláció;

1. Méretezési irányelvek és megfontolások

1.1 Bevezetés

Globalizált világunk aktuális energetikai kihívásait tekintve talán minden korábbinál hangsúlyosabb szerepbe kényszerültek a villamosenergia-ellátásbiztonság körüli kérdések. Az energiahatékonyságra való törekvések miatt is megváltozott villamosenergia-fogyasztási szokások, valamint a megújuló termelőegységek rohamos terjedése és azok változó kiszámíthatósága újfent rávilágította a fényt a decentralizált energiátárolási képességek továbbfejlesztésének fontosságára. Ezen túlmenően az önellátó üzemre felkészített, netán a villamosenergia-közműhálózatról teljesen leválasztott (off-grid) épületek esetében különösen fontos az elérhető termelési lehetőségek és a felmerülő fogyasztási igények közötti fizikai és időbeli kiegyenlítés.

A különböző természeti elven működő puffer-rendszerekkel szemben az egyik legfontosabb általános elvárás, hogy a lokálisan jellemző termelési-fogyasztási szokásokhoz alkalmazkodva biztosítsák a stabil villamosenergia-szolgáltatást a külső kényszerektől való függőség (pl. időjárás változékonysága, rendszerhasználati költség, üzemszünet) minimalizálása mellett.

Az energiapuffer optimális működéséhez nemcsak a villamos forgógépet és az inerciát, hanem a frekvenciaváltós hajtást, a mechanikai erőátvitel elemeit és azok veszteségeit, valamint a hűtési- és melegedési szempontokat együttesen illeszteni szükséges. A villamos forgógép és a lendítőkerek beépítési lehetőségeitől függően horizontális vagy vertikális alapelrendezés egyaránt előfordul a gyakorlatban.

A lokális termelőegységek és a hálózati csatlakozási pont között elhelyezett elektromechanikai- elvű energiátároló működését az FPMS (Flywheel-Puffer Management System) felügyeli, magában foglalva a töltés (motoros üzem) és a kisütés (generátoros üzem) irányítását, közben tartva a folytonos üzemállapotok között kialakuló átmeneti jelenségeket.

Topológiai szempontból egy ilyen közbülső energiatároló- és menedzselő eszköz egyik legfőbb feladata, hogy a pillanatnyi fogyasztási és termelési viszonyok alapján intelligens és önműködő módon megvalósítsa a helyi teljesítmény-kiegyenlítési feladatokat, továbbá törekedjen az esetleges többlet-fogyasztás vagy többlet-termelés miatt kialakuló járulékos költségek minimalizálására.

1.2 Általános szempontok

A méretezés első lépése általában az energiapuffer áthidalókéességének pontos meghatározása, ezt követően a teljesítmény- és energiaspektrum szétcsatolása.

A belső fizikai folyamatok eredete és természete szerint az alábbi veszteségi tényezőket tudjuk megkülönböztetni:

- elektromágneses (pl. a forgógép saját réz- és vasvesztesége, szerkezeti többletveszteség, az inverteres táplálásból eredő járulékos veszteség)
- mechanikai (csapágysúrlódás az üzemi fordulatszám függvényében, figyelembe véve a horizontális / vertikális elrendezés sajátosságait)
- áramlástan (a forgó alkatrészekkel szemben fellépő közegellenállás hatása, figyelembe véve az aktív rész hűtési szükségleteit is)
- segédüzemi berendezések működtetése (pl. vákuumpumpa, érzékelő-vezérlő-aktuátor eszközök).

Az önkisülés minimalizálására tett erőfeszítés elkerülhetetlen az energiapuffer gazdaságos működtetéséhez. Belátható, hogy a rendszer eredő hatásfoka jelentősen függ a felhasznált alkatrészek egyedi és kombinált veszteségi tételeitől.

Megfelelő részletességű specifikációból kiindulva, alkalmas költséganalízist kidolgozva jelentősen visszaszorítható a hozzáadott értékkel nem rendelkező (értéktelen) tervezési tartalékok beépítése. Az ehhez szükséges komponens- és rendszerszintű vizsgálatokat az általunk implementált szimulációs keretrendszerrel tudjuk elvégezni, olyan célkitűzések mellett mint pl. a költségminimális munkapont keresése vagy épp az optimális energiaelosztás megvalósítása egy hibrid-tárolás alkalmazás esetében.

1.3 A villamos forgógép kiválasztása, hajtás illesztése

Az energiapuffer töltéséhez / kisütéséhez, aktív üzemeltetéséhez szabályozott fordulatszámú villamos forgógépet használunk. Feltöltött puffer esetén a villamos forgógép üresjárásban (árammentes tekercseléssel, az előírt fordulatszámon kialakult belső veszteségei mellett) passzívan üzemel. Az aktív üzemben részleges fordulatszámon és/vagy részleges terhelésen előálló hatásfok-térkép a felvállalható előállítási költségek mentén maximalizálandó. Hasonló szempontok érvényesek a csatolt frekvenciaváltós hajtásra. A villamos jellegű alrendszerek optimális együttműködéséhez a gép és a hajtás összehangolása feltétlenül szükséges.

A forgógépet tekintve a korszerű állandómágneses topológiák hátránya, hogy a beépített polarizáltság révén forgó állapotban az armatúratekercselésben feszültség indukálódik, az így kialakuló vasveszteség pedig megnöveli a rendszer önkisülését.

Az egyoldalról gerjesztett típusok széleskörben ismert képviselője a kalickás aszinkron gép, amely az ipari – relatíve korlátozott fordulatszám-tartományban üzemelő – alkalmazások körében

hagyományosan jól bevált megoldás. Viszont a lendítőkerekes puffer által megkövetelt széles fordulatszám-átfogásból következik, hogy a kalickarudak radiális megtámasztását szolgáló féligzárt vagy zárt hornyok csak egy bizonyos centrifugális igénybevételig képesek ellátni feladatukat.

Koncepcionális szempontból a tisztán reluktancia elvű szinkron gépet (SynRM) alábbi tulajdonságai hozzák nem elhanyagolható előnybe egyéb típussal szemben:

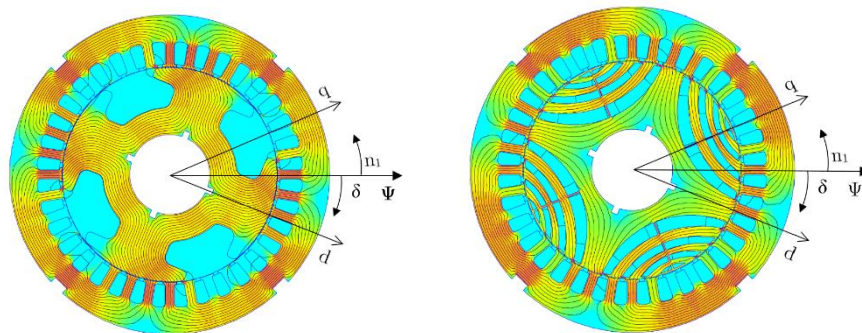
- a forgórészen rézvesztés nem keletkezik – kedvezőbb hűtési feltételek
- üresjárásban nincs vasvesztés – minimalizált önkisülés
- viszonylag alacsony tengelyhőmérséklet – hosszabb csapógyélettartam
- a ritkaföldfém mágnesektől mentes forgórész – magas hőtolerancia
- mezőgyengítéshez nem igényel többletáramot – széles fordulatszám-átfogás többmelegedés nélkül valósítható meg
- eltűnik a melegező kalicka inerciaja – csak a forgásból származik mechanikai terhelés, a réz kilágyulási problematikájától mentesülünk
- nem igényel stratégiai fontosságú nyersanyagot – fenntartható és elérhető.

2. Lendkerekes energiatárolók gépközeli jellemzői

2.1 Szerkezeti kialakítás a villamosgép topológiához illesztve

A lendkerekes energiatárolók mechanikailag olyan szerkezetek, ahol a forgó rendszer elegendő forgási energiát tud tárolni ahhoz, hogy a veszteségek mellett a tárolt mechanikai energia villamos energiává alakítása adott időn belül gazdaságos lehessen [1], [2].

A berendezések fő szerkezeti kialakítására alapvetően két lehetőség adódik. Egyik esetben a villamos forgógép úgy kerül kialakításra, hogy annak forgórésze megfelelő tehetlenségi nyomatékkal rendelkezzen, hogy az üzemi fordulatszám-tartományban a kívánt forgási energiát tárolni tudja. A szinkron reluktancia géptípus megvalósítható forgórész-változatait az 1. ábra szemlélteti.



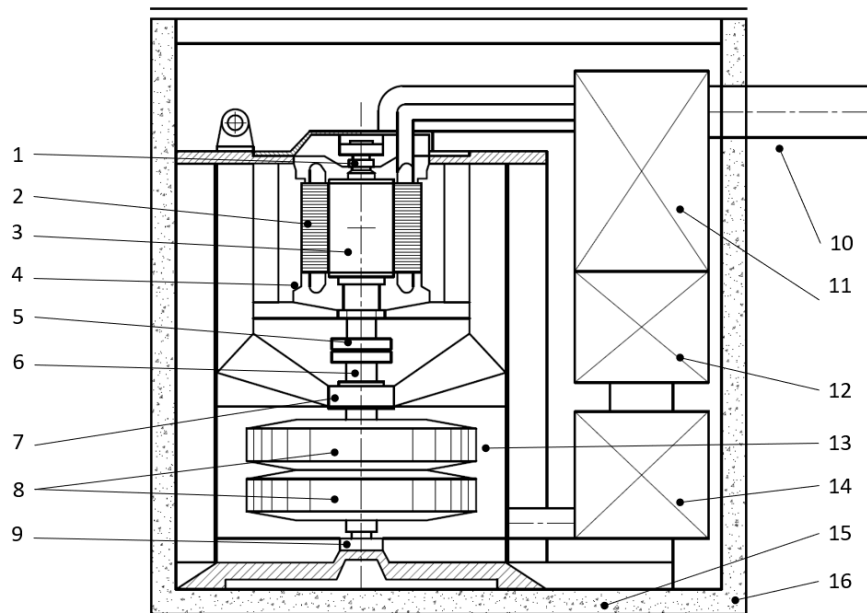
1. ábra

Inercia-optimalis SynRM forgórészek: egyszerű kiálló pólusú (balra) ; transzverzálisan laminált

A topológiák elektromágneses modellezéséhez és részletes kiértékeléséhez rugalmasan paraméterezhető, nagymértékben automatizált 2D térszámítási módszereket dolgoztunk ki, elősegítve az inercia-optimalis forgórészek tervezését.

Az energia- és teljesítményspektrum szétcsatolása révén a villamos forgógépet elegendő a kívánt névleges teljesítményhez tartozó forgatónyomatékra méretezni, figyelembe véve, hogy a kisütési (alsó) fordulatszám-határon is teljesüljenek a névlegesített igények.

Szerkezeti oldalról a másik lehetőség, hogy a villamos forgógép tengelyét egy külső lendkerékkel (vagy lendkerék-csoporttal) kapcsoljuk össze. Utóbbi kialakítás modulárisabb összeállítást tesz lehetővé, ezért a rendszer felépítése, tipizálása, illetve illesztése különböző követelményrendszerekhez egyszerűbb. Az említett külső inerciás elrendezésre látható egy példa a 2. ábrán.



2. ábra

Moduláris lendkerekes energiatároló szerkezeti felépítése (1: forgórész csapágyazás, 2: állórész, 3: forgórész, 4: állórész ház, 5: tengelykapcsoló, 6: tengely, 7: lendkerék felső csapágyazás, 8: lendkerekek, 9: lendkerék alsó csapágyazás).

2.2 Csapágyazás és önkisülés összefüggései

Az energiatároló csapágyazása a szerkezet kulcsfontosságú eleme, mivel kialakítása meghatározza a szerkezet maximális fordulatszámát, a forgórész, illetve lendkerék mechanikai jellemzőit, továbbá a súrlódási tényezője által a berendezés hatásfokára és önkisülésére is döntő befolyással van [3]. A lendkerekes energiatároló berendezések csapágyazása lehet hagyományos gördülőelemes, illetve egyszerű elektromágneses kialakítású (passzív és aktív).

Nagyobb hatásfokú rendszerek szupravezetős mágneses csapágyakat alkalmaznak. Az elektromágneses csapágyazások esetében a súrlódási együttható természetesen egyenértékű számítás eredménye, amely tartalmazza az elektromágneses csapágy típusától függő üzemi veszteségeket is. A költségek szempontjából a hagyományos gördülőelemes megoldás az elektromágneses csapágyazásokhoz képest elérhetőbb. További előnye gördülőelemes csapágyazásnak a nagyobb merevség és teherhordó képesség. Hátránya a nagyobb súrlódási veszteség, ami az energiatároló önkisülését növeli [1], [4]. Az egyenértékű súrlódási együttható a

mágneses csapágyaknál a gördülőelemes csapágyakhoz képest körülbelül egy nagyságrenddel kisebb, szupravezetős rendszereknél pedig a különbség több nagyságrend.

A következő táblázat a rendszeroptimalizálás során alkalmazandó mechanikai / szerkezeti változókat foglalja össze:

1. Táblázat
Mechanikai / szerkezeti változók

Csoport	Változók	Hatás
Forgórész geometria	Átmérő, hossz	Rendszerparaméterek, szilárdság
Lendkerék geometria	Átmérő, hossz	Rendszerparaméterek, szilárdság
Anyagjellemzők	Szilárdsági jellemzők, sűrűség	Rendszerparaméterek, szilárdság
Csapágyazás	Típus, paraméterek	Költségfüggvény, rendszerparaméterek
Kiegészítő berendezések	Csapágyazás függvényében	Költségfüggvény, rendszerparaméterek

2.3 Esettanulmány

Integrált szerkezetű, közvetlen hajtású (áttétel nélküli) esettanulmányunk keretében előállított főméreteket alább foglaltuk össze [5] számítási módszere alapján.

2. Táblázat
Háztartási méretű (10 kWh kapacitású) lendítőkerekes energiapuffer főbb jellemzői

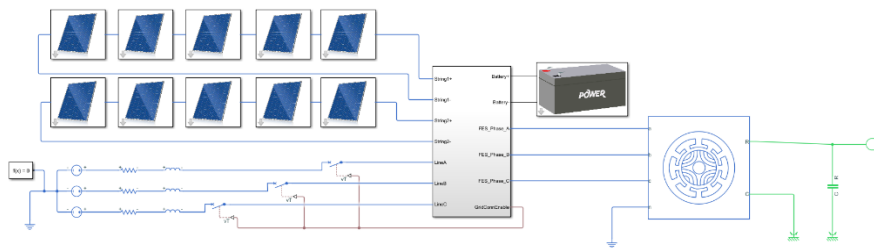
Data	Symbol	Value	Unit
Flywheel Storage Capacity	C_{fw}	10000	[Wh]
Effective Inertia MR^2	Θ_{eff}	3.04	[kgm ²]
Quadratic Speed Range	$\Omega_{max}^2 - \Omega_{min}^2$	23681842	[rad ² /s ²]
Maximum Speed	n_{max}	49000	[1/min]
Minimum Speed	n_{min}	15539	[1/min]
Depth of Discharge	DoD	0.90	[-]
Outer Diameter of Rotor Core	ROD	325.0	[mm]
Inner Diameter of Rotor Core	RID	115.0	[mm]
Length of Rotor Core	L_{RC}	452	[mm]
Weight of Rotor Core	mRC	251	[kg]

3. Dinamikus rendszermodell implementálása

3.1 Szimulációs célkitűzés

A rendszer vizsgálatához egy MATLAB Simulink modellt hoztunk létre, amelyet az alábbi főbb szimulációs komponensekre bonthatjuk fel:

- Napelem modulok,
- Feszültséginverter,
- Akkumulátor rendszer,
- Lendkeresekes energiatároló,
- Hálózat,
- Magas szintű szabályozó logika (FPMS).



3. ábra

Lendkeresekes energiatárolórendszer szimulációs modellje

3.2 Napelem cellák modellezése

A napelem alrendszer modelljének alapját a szakirodalomban részletezett két diódás helyettesítőkép szolgáltatta [1], [2], amelyet a 4. ábra szemléltet. A cella kimenő áramát a következő egyenlet segítségével modelleztük,

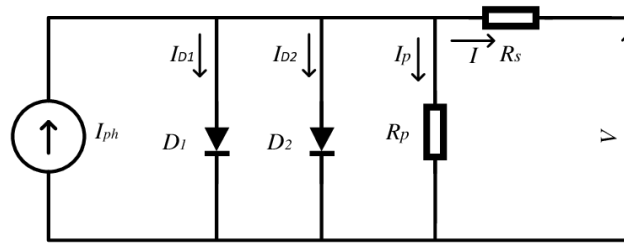
$$I = I_{ph} - I_{D1} \left(e^{\frac{V+IR_S}{N_1 V_t}} - 1 \right) - I_{D2} \left(e^{\frac{V+IR_S}{N_2 V_t}} - 1 \right) - \frac{V+IR_S}{R_p}, \quad (1)$$

ahol a besugárzás függő cella áram

$$I_{ph} = I_{ph0} \frac{I_r}{I_{r0}}, \quad (2)$$

ahol I_r a besugárzás nagysága, I_{r0} a cellára vonatkozó névleges besugárzási érték,

I_{D1} az első diódára vonatkozó szaturációs áram, I_{D2} a második diódára vonatkozó szaturációs áram, V_t a termikus feszültség, N_1 az első dióda jósági tényezője, N_2 az második dióda jósági tényezője V a cellafeszültség.



4. ábra

Napcella helyettesítő képe

A rendszer paramétereit meghatározhatjuk az adatlapban közölt értékeket felhasználva, különböző numerikus iterációkat alkalmazva [3],[4]. Ezek mindegyike általában Newton-Rapson vagy egyéb numerikus approximációs algoritmust alkalmaz.

3.2 Feszültséginverter modellezése

A modell egy kétszintű feszültséginvertert valósított meg, amely közélső egyenáramú köre vagy az akkumulátor telepről, vagy a napelem cellákról üzemelt. Az egyes üzemállapotok közötti átváltást és az optimális energiatárolás megvalósítását a magasszintű szabályozási logika kezelte.

3.3 Akkumulátor rendszer modellezése

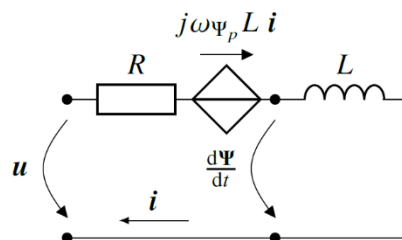
A modell első verziója egy savas-ólom akkumulátor rendszert feltételez. A telep kapocsfeszültségét a következő egyenlet írja le,

$$V_{bat} = V_0 \left(\frac{SOC}{1 - \beta(1 - SOC)} \right), \quad (3)$$

ahol SOC az akkumulátor telep aktuális töltöttségi állapota, β az akkumulátor telep jellemző paramétere.

3.4 Lendkerekes energiatároló

A vizsgált rendszer egy szinkron reluktancia gépet feltételez, amely helyettesítő képét a 3. ábra szemléltet. A rendszert pólusfluxus orientált koordináta-rendszerben a (4)-(7) egyenletrendszer írja le [6].



5. ábra

Szinkron reluktancia gép helyettesítő képe

$$u_d = R i_d + L_d \frac{di_d}{dt} - \omega_e L_q i_q, \quad (4)$$

$$u_q = R i_q + L_q \frac{di_q}{dt} + \omega_e L_d i_d, \quad (5)$$

$$m = \frac{3}{2}p \left((L_d - L_q) i_d i_q \right), \quad (6)$$

$$\Theta \frac{d\omega}{dt} = m - m_l - F\omega, \quad (7)$$

ahol u_d és u_q a kapocsfeszültség vektor valós és képzetes része, R a státor ellenállás, i_d és i_q az áramvektor valós és képzetes része, L_d d -irányú induktivitás, L_q q -irányú induktivitás, m a forgógép elektromágneses nyomatéka, m_l a terhelőnyomaték, Θ a rotor inerciája, F a súrlódási veszteség, p a póluspárok száma, ω mechanika fordulatszám, ω_e az elektromos fordulatszám, ahol $\omega_e = p\omega$.

3.5 Hálózat modellezése, magasszintű szabályozási logika

A rendszermodell a hálózatot távoli generátor és mögöttes induktivitás és ellenállást feltételezve modellezte. A távoli generátorok csillagkapcsolásúak.

A magasszintű szabályozási logika feladata a beállított rendszer paraméterek alapján a szétosztott energiatárolás megvalósítása az egyes energiatároló elemek között. Segítségével a rendszer hatásfokát, méretezési kérdéseket, valamint megtérülés időket becsülhetünk. A telepítés helyére becsült termelési előrejelzést az EU Bizottság rendszeréből szereztük be [7].

Összefoglalás

A gazdasági igényeket és műszaki lehetőségeket felismerve a Joe Vortex Energy and Mobility kutatómérnökei olyan komponens- és rendszerszintű szimulációs modelleket dolgoztak ki, amelyek rugalmasan paramétereizhető formában támogatják a lendítőkerekes energiapuffer tervezésének minden lépését. Ezáltal jelentősen felgyorsítható mind a konzultációs és ajánlatadási tevékenység, mind pedig a kivitelezéshez szükséges részlettervek kidolgozásának szakasza.

A háztartási méretben előforduló igények kiszolgálására a csúcsteljesítmény, a pufferkapacitás és a rendelkezésre álló beépítési térfogat (kubátúra) figyelembevételével integrált vagy külső inerciás megoldások alkalmazhatók.

Az energiapuffer önkiszülésének (belső veszteségeinek) minimalizálása és a robusztus forgórész-konstrukció érdekében a villamosgép oldaláról a korszerű szinkron reluktancia topológiákat célszerű előtérbe helyezni.

Referenciák

- [1] Mousavi G SM, Faraji F, Majazi A, Al-Haddad K. A comprehensive review of Flywheel Energy Storage System technology. *Renew Sustain Energy Rev.* 2017;67:477–90.
- [2] Amiryar ME, Pullen KR. A review of flywheel energy storage system technologies and their applications. *Appl Sci.* 2017;7(3).
- [3] Arani AAK, Karami H, Gharehpetian GB, Hejazi MSA. Review of Flywheel Energy Storage Systems structures and applications in power systems and microgrids. *Renew Sustain Energy Rev* [Internet]. 2017;69(November 2016):9–18. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2016.11.166>

- [4] Olabi AG, Wilberforce T, Abdelkareem MA, Ramadan M. Critical review of flywheel energy storage system. *Energies*. 2021;14(8):1–33.
- [5] Aydin K., Aydemir M. T., Sizing design and implementation of a flywheel energy storage system for space applications, *Turk J Elec Eng & Comp Sci*, doi:10.3906/elk-1306-206, 24: 793-806.
- [6] R. W. De Doncker, D. W. Pulle, and A. Veltman, *Advanced electrical drives: analysis, modeling, control*. Springer Nature, 2020.
- [7] Photovoltaic Geographical Information System:
https://re.jrc.ec.europa.eu/pyg_tools/en/tools.html?fbclid=IwAR2pcZEj-J-RUmAgKxLfpUuTbQmRTWCO3xCP6XKmD3sIJdAImQzKk0xB-Ys

Wéber Zoltán Árpád: KÖF szabadvezetéki hálózat hurkolásának a megvalósítása Recloser (oszlopmegszakító) segítségével, illetve Recloser mint a Smart Grid meghatározó szereplője

Energobit, 400221 Cluj-Napoca, Cluj County, Romania, 47/11

e-mail: zoltan.weber@energobit.com, www.energobit.com

Absztrakt: A Recloser alkalmazása a 22 kV-os középvezetékű elosztóhálózaton elsősorban a fogyasztók rövid idejű zavartatásának csökkentésében játszik fontos szerepet. Eszköz a smart grid hálózat megvalósításában.

Kulcsszavak: Recloser

1. Recloser szabvány IEC 62271 part 111,

2022-ben megjelent Magyarországon is a „Nagyfeszültségű kapcsoló- és vezérlőkészülékek. 111. rész:

Legfeljebb 38 kV névleges feszültségű, váltakozó áramú, hálózati automatikus visszakapcsolók” szabvány.

2. A recloser általános bemutatása

A Recloser egy a 22 kV-os szabadvezetéki hálózatra kihelyezett megszakító, amely ugyanolyan szerepet tölt/tölthet be mint az állomásban levő visszakapcsoló automatikával ellátott KÖF megszakító.

Érzékeli és megszakítja a mögötte fellépő zárlatokat.

Visszakapcsoló automatikával van ellátva az átmeneti hibák eltávolítására, miközben csak a sérült zónában levő fogyasztók érzékelik a kiesést.

Ugyanez a gondolatmenet alkalmazható a végleges hiba esetén.

A Recloser felmér, dönt és végrehajt, *helyi intelligenciával rendelkezik*, utólag beküldi a diszpécserhez a történeteket. (Protection Automation Control).

A diszpécser a GVA és LVA ciklus után, a hiba típusától függően, a telemechanika segítségével avatkozik be, de ez már a kontroll.



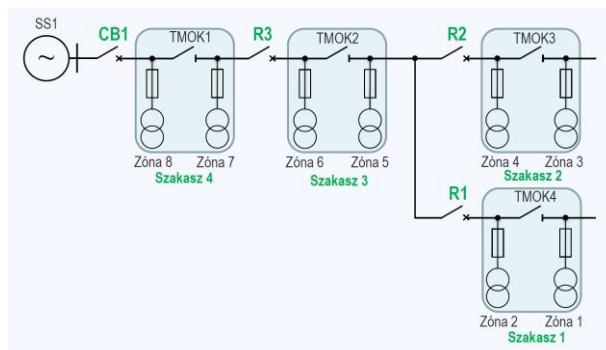
1. Ábra AS Tavrída Electric Recloser Kültéri Megszakítója



2. Ábra AS Tavrída Electric Recloser Vezérlőszekrény

3. A recloser általános feladata

A következő ábra egy hálózati leágazást mutat be, ahol a hagyományos oszlopkapcsolók, a TMOK-k és a Recloser-ek különböző feladatokat látnak el. Az üzembiztonsággal üzemfolytonossággal kapcsolatos elvárások szigorodása a rövid idejű fogyasztói zavartatás csökkentését fogja eredményezni.



3. Ábra Hálózati leágazás

Ez a jelenlegi hálózatbontási lehetőségekkel már nem biztosítható, ezért új eszközöket kell keresnünk. A **Recloser** alapvetően ezt a lehetőséget biztosítja azzal, hogy **helyi intelligenciával rendelkezik**.

Az üzembiztonsági, üzemfolytonossági mutatók szempontjából a SAIDI és SAIFI mutatók javítása mellett, a **MAIFI** mutató javítása érzékelhető és ehhez említenék két nagyon fontos ténytet összehasonlítva a hagyományos oszlopkapcsolók, TMOK és a kombinált TMOK--Recloser hatását a mutatókra a vizsgált hálózati képet elemezve:

Átmeneti hibák automatikus eltávolítása (80%) villámcsapás, szélviharok esetén keletkezett fázis, illetve földzáratok, (pl. szabadvezetékek összelengése, szigetelő sérülések, szélviharok esetén a fák érintkezése a szélső fázisokkal).

Állandó végleges hibák esetén: (20 %) a hibás szektorok kimutatása, hibás szektorok meghatározása, szakaszolása, leválasztása; miközben az ép hálózati szakaszok feszültség alatt maradnak.

4. A Recloser lehetséges 5 fontosabb üzemállapota KÖF szabadvezetéken

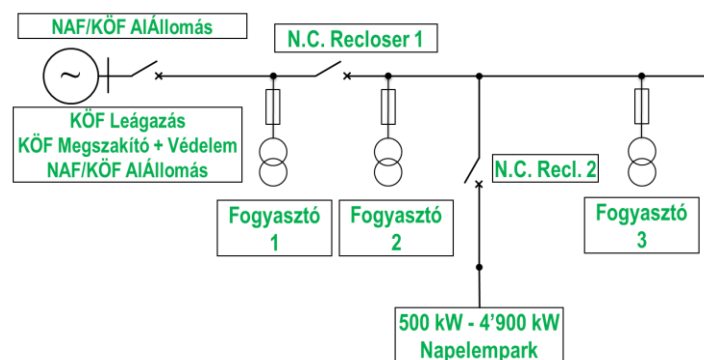
4.1. Üzemszerűen zártan üzemelő Recloser (Normally Closed Recloser).

„A recloser általános feladata” című fejezet mutatja be az Üzemszerűen zártan üzemelő Recloser (N.C.R.) szerepét a KÖF szabadvezetéken.

4.2. Üzemszerűen nyitottan üzemelő Recloser (Normally Open Recloser).

Az üzemszerűen nyitott állapotban üzemelő Recloser (N.O.R.) szerepe a hálózatok kismértékű átrendezésében játszik szerepet.

4.3. 500-4999 kW-os kiserőművek 22 kV-os hálózati csatlakoztatása Recloser segítségével.



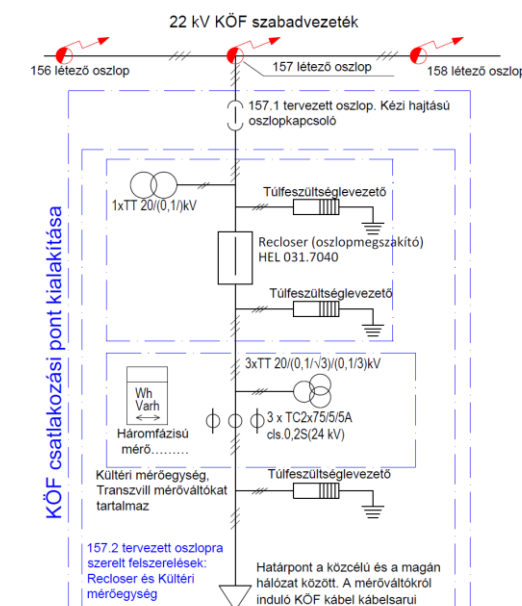
4. Ábra Kiserőművek 22 kV-os hálózati csatlakoztatása Recloser segítségével

A Recloser Felügyeli, hogy a naperómű által megtermelt energia az áramszolgáltató által kiszabott minőségi keretek között maradjon.

A Recloser Érzékeli és megszakítja a naperómű felől fellépő zárlatokat, feszültség minőségi problémákat, ezáltal a naperómű felől fellépő hibák vagy feszültség minőségi ingadozások. (Feszültségnövekedés OV, Frekvencianövekedés OF) nem befolyásolják a közcélú hálózat fogyasztóit.

A recloser mint eszköz és a recloser vezérlése az áramszolgáltató tulajdonában marad. Az oszlopon elhelyezett mérőváltók segítségével lehetőséget biztosít a naperómű által termelt energia mérésére is.

A következő ábra egy lehetséges és Romániában alkalmazott műszaki megoldást mutat be kiseróművek hálózati csatlakoztatására. A leágazás elején elhelyezzük a Reclosert és az elszámolási méréshez szükséges mérőváltókat. Ezen műszaki megoldás lehetőséget biztosít, hogy maga a napelemes kiseróművet a csatlakozási ponttól tetszőleges távolságra helyezzük el.



5. Ábra Kiseróművek 22 kV-os hálózati csatlakoztatása Recloser segítségével

A fent bemutatott műszaki megoldás előnyei a DSO szempontjából:

- Mivel a recloser és a kültéri mérőegység a 22 kV-os termelői vezeték leágazó oszlopán van elhelyezve, az áramszolgáltatót nem terheli a naperómű és a leágazási pont között keletkezett veszteség.
- A termelői vezeték esetleges zárlata nem hat ki a többi fogyasztóra, nem keletkezik hálózati üzemzavar.

4.4 Idegen, fogyasztói leágazások 22 kV-os hálózati csatlakoztatása Recloser segítségével.

Az előző, a kiserőművek 22 kV-os hálózatra való csatlakoztatása Recloser segítségével fejezetben bemutatott elvek alapján lehetne tetszőleges idegen, fogyasztói berendezés hálózatra csatlakoztatását is megvalósítani.

Így az idegen berendezés hibája nem okoz közcélú hálózati üzemzavart.

4.5. Hurkolt KÖF szabadvezetéki hálózat, N.C.R. segítségével amelyet az ún. optimális bontáspontba szerelünk fel

Mi történik, ha ebbe az optimális bontási pontba egy Reclosert telepítünk ?

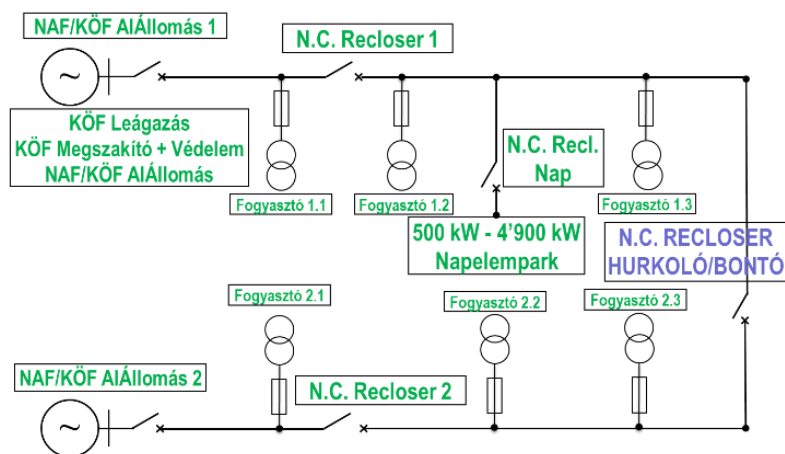
Maga a recloser kétirányú felszerelést tesz lehetővé. A fejlesztés során egy olyan eszköz született, amelyet gyakorlati szempontból direkt vagy indirekt módon is fel tudunk szerelni az oszlopra.

A kültéri megszakító külső felületén található 3 + 3 csatlakozó hüvely, hüvelyenként tartalmaz egy Rogovszki tekercset és egy feszültség szenzort.

Ez biztosítja a védelem szempontjából az irányított funkciók jelenlétét.

Az úgynevezett optimális bontáspontban elhelyezésre kerül egy Normally Closed Recloser Hurkoló/Bontó, N.C.R.H/B.

Zárlat esetén először a N.C.R.H/B. bont és utána a tápponti védelem a hagyományos sugaras hálózatnak megfelelően működik.



6. Ábra Hurkolt KÖF szabadvezetéki hálózat, N.C.R. segítségével

A következőkben részletesen bemutatjuk, hogy mi történik abban az esetben ha egy zárlat jelenik meg a N.C.R1 és N.C.R.H/B. között.

(Az N.C.RNap szerepét a 4. fejezet) bekezdése mutatta be.)

N.C.R.H/B. esetében nincs élesítve a GVA és az LVA, ha a N.C.R.H/B. zárlatot érzékel, bármely irányból (mert a védelmek mind a két irányból élesítve vannak), akkor rögtön bont.

A N.C.R1 és N.C.R2 Recloserek esetében a visszakapcsoló automatika (GVA és LVA) élesítve (visszakapcsolások száma beállítható) működések összehangolva történnek az alállomásokban levő KÖF megszakítók védelmeinek a paramétereivel

Ahogy az N.C.R.H/B recloser érzékeli a zárlatot a N.C.R1 és N.C.R.H/B. között megjelent zárlatot, rögtön kikapcsol, szaknyelven „Trip to Lockout”.

Ebben a pillanatban a Hurkolt KÖF szabadvezetéki hálózat „hurkolása” megszűnik, megjelenik a 2 sugaras leágazás.

A továbbiakban a sugaras hálózatoknak megfelelően működnek a védelmek.

Mivel a zárlat az 1. sugaras leágazáson történt, az N.C.R1 recloser után, ezen zárlatot a N.C.R1 recloser érzékeli (részletes információk a 6. fejezet, 1) bekezdés keretében) és miután lezajlott a GVA/LVA ciklus, a diszpécser megállapítja a hiba típusát, átmeneti hiba vagy végleges hiba, az érvénybe levő eljárások alapján.

Hurkolt KÖF sz.vezetéki hálózat.

Feltételezzük, hogy az érzékelt zárlat csak „átmeneti hiba” volt. Ekkor az N.C.R1 recloser csak a GVA ciklust hajtja végre és utána folytatja a „normál tevékenységét”, továbbra is felügyeli a szabadvezeték hálózatot.

Ezután lép a diszpécser és a telemechanika segítségével visszakapcsolja az N.C.R.H/B reclosert és újból működik a hurkolt üzemiállapot.

A bontáspontban üzemelő recloser automatikus bekapcsolásra is képes ha érzékeli a kapcsoló mindkét oldalán a feszültség jelenlétét.

Ha az 1. leágazáson a hiba végleges, akkor az 1. leágazás indító OK bontása után az N.C.R1 recloser és az N.C.R.H/B recloser távműködtetésű visszakapcsolásával állítható a normál állapot helyre.

Az 1 leágazás hibájának javítása után a leágazás bekapcsolása az OK-val történik.

Következtetések

A Recloser, az oszlopra szerelt megszakító alkalmazása a 22 kV-os közepfeszültségű elosztóhálózaton elsősorban a fogyasztók rövid idejű zavartatásának csökkentésében játszik fontos szerepet. Egyben eszköz a smart grid hálózat megvalósításában. Utóbbi időben a PV erőművek terjedése felveti a KÖF elosztóhálózatok hurkolásának a lehetőségét.

Az 1 leágazás hibájának javítása után a leágazás bekapcsolása az OK-val történik.

Felhasznált irodalom

[1] Wéber Zoltán: Increasing the reliability of the 22 kV OHL using Tavrida KTR 27 Recloser. „Comparative analysis of distribution reliability improvements that can be achieved by using various outdoor distribution devices like Reclosers” Conference organized by the Hungarian Electrotechnical Association http://www.mee.hu/files/files/2021_02_18_mee_eloadas_energobit.pdf, 2021.

[2] Orlay Imre, Fazekas Balázs, Wéber Zoltán, Chis Dumitru: Implementation of a smart network with Recloser, Okos hálózat megvalósítása Recloser segítségével, Journal OF THE HUNGARIAN ELECTROTECHNICAL ASSOCIATION 2020/7-8 <http://www.mee.hu/files/files/et-2020-7-8.pdf>, 2020.

[3] Wéber Zoltán: 2019: Smart Grid, implementation of a smart network with Recloser, Smart Grid, avagy okos hálózat megvalósítása Recloser segítségével Journal OF THE HUNGARIAN ELECTROTECHNICAL ASSOCIATION 2019/9-10 <http://www.mee.hu/files/files/et-2019-9-10.pdf>, 2019.

[4] Wéber Zoltán: Connection of 500 to 4999 kW Small Power Plants to the 22 kV OHL Network Using a Recloser, 500–4999 kW-os kiserőművek 22 kV-os hálózatra való csatlakoztatása Recloser (oszlopmegszakító) segítségével. Védelmi és Irányítástechnikai Fórum, Protection and SCADA Forum [http://www.mee.hu/files/files/2_weber_zoltan_arpad_uj_2019_05_30_mee_eloadas_energobit .pdf](http://www.mee.hu/files/files/2_weber_zoltan_arpad_uj_2019_05_30_mee_eloadas_energobit.pdf), 2019.

[5] Wéber Zoltán, Chis Dumitru: Changes in Network Connection Requirements, Connection of 500 to 4999 kW Small Power Plants to the 22 kV Network Using a Recloser, Hálózati csatlakozási igények változásai 500–4999 kW-os kiserőművek 22 kV-os hálózatra való csatlakoztatása Recloser (oszlopmegszakító) segítségével. Journal OF THE HUNGARIAN ELECTROTECHNICAL ASSOCIATION 2018/10 <http://www.mee.hu/files/files/et2018-10.pdf> , 2018.

[6] Orlay Imre, Wéber Zoltán: Automatization of the distribution network to decrease the consumer's disturbances. Elosztóhálózat automatizálása a fogyasztói zavartatás csökkentésére. FEJEZETEK AZ ELEKTROTECHNIKÁBÓL, HUNGARIAN ELECTROTECHNICAL ASSOCIATION. <http://mee.hu/cikk/4270>, 2016.

Braun Ferenc, Molnár Zsolt: Elektromos járművek energiamenedzselte töltése

Óbudai Egyetem, Budapest, 1034. Bécsi út 96/B, braun.ferenc@ek-cer.hu, molnar.zsolt.mai@uni-obuda.hu

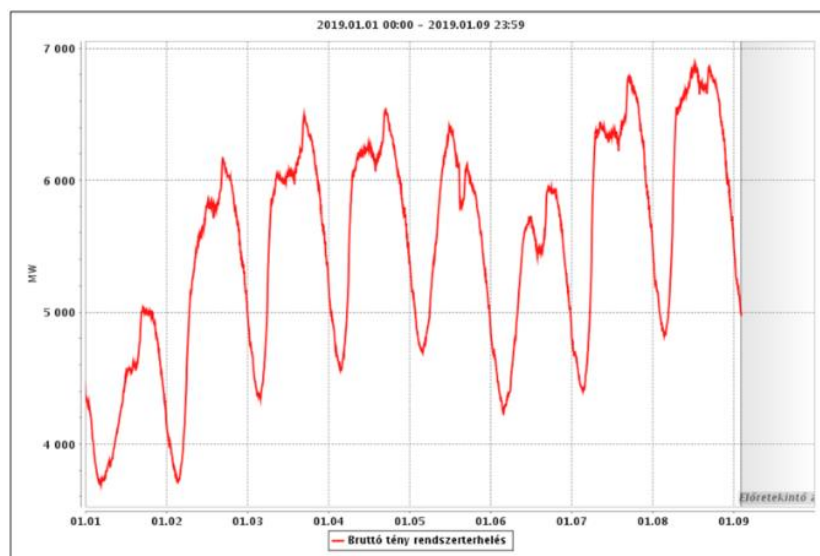
Absztrakt: Az elektromos járművek terjedése dinamikus, de a számuk és az akkumulátoraik kapacitásának növekedése komoly kihívásokat jelent mind az autógyártók, mind a töltőrendszereket tervezők, mind pedig az energia szolgáltatók számára. Az egyik fő probléma a rendelkezésre álló töltési energia optimális kihasználása úgy, hogy a hálózatot ne terhelje túl a rendszer, viszont amikor van felesleges energia, akkor a legjobb hatásfokkal hasznosítsa azt. Ezt a kihívást mind egy több elektromos jármű töltővel rendelkező épület, mind pedig egy különálló háztartás (családi ház) szintjén kezelni kell.

Cikkünkben a töltőrendszer tervezők oldaláról azt mutatjuk be, hogy hogyan épül fel egy korszerű, energiamenedzselmet megvalósító töltőrendszer, milyen funkciók szükségesek a fenti probléma megoldására. Kitérünk a töltésvezérlő működésére, a teljes töltő és töltőrendszer felépítésére, a kommunikációra, és a back-end szolgáltatásokra is. Bemutatjuk egy konkrét fejlesztés során felmerülő problémákat és azok megoldását, a megvalósított funkciókat, illetve beszámolunk a fejlesztést lezáró teszt tapasztalataira is. Végül összegezzük a továbblépési lehetőségeket és ezek megvalósíthatóságát.

Kulcsszavak: Elektromos autó, Smart City, IP, elektromobilitás, adaptív autótöltés

1. Bevezetés

Az elektromos járművek intenzív elterjedése komoly problémákat vet fel. A probléma kihat az energiaszolgáltatókra, a parkolóüzemeltetőkre és a fogyasztókra egyaránt. Minél több elektromos autó kerül forgalomba, annál több töltőállomást szükséges telepíteni, azonban a töltőpontszám növelése energiaigény növekedést vonz magával. Általános vélekedés, hogy a villanyautók gyors elterjedése miatt össze fog omlani a villamos energia hálózat. Egy bizonyos ponton túl már nem lehet növelni a töltőpontokat, hiszen a rendelkezésre álló energiakapacitás korlátozni fogja a kiszolgálást. Szerencsére ezek az állítások bármennyire logikusnak hangzanak, nem igazak.



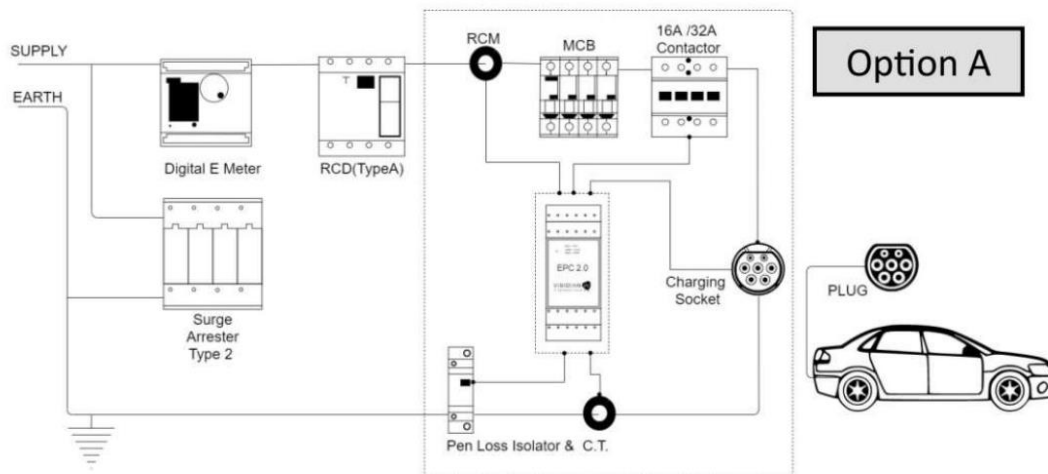
16. ábra A magyar villamosenergia-rendszer terhelése január első hetében [1]

Tegyük fel, ha szabad kapacitás van a hálózatban növeljük, ha csökken a rendelkezésre álló kapacitás, akkor csökkentjük a töltőáramot. Így az elektromos autók számának növekedése hasznos is lehet az elektromos hálózat számára, a jellemző éjszakai töltés ugyanis pont a völgyidőszakot "tölti ki", egyenletesebbé teszi ez elektromosenergia-igény szintjét.

Továbbá a 7/2006. (V. 24.) TNM rendelet 2022.01.01 módosítása szerint, a meglévő, illetve az új építésű vagy a jelentős felújítás alá vont épületekhez tartozó parkolóhelyét kötelező felszerelni elektromos töltőállomással. [2] Ez azt jelenti, hogy új építés esetén minden 10. parkolónak, a régebbi társasházak esetén pedig minden 20. parkolóhelyet kell elektromos töltés lehetőségével kiegészíteni. Ha megvizsgáljuk a felhasználók szokásait akkor könnyedén beláthatjuk, hogy az autót munkából hazatérés esetén csatlakoztatják a töltőhöz, ezután a napi rutinjukat végzik. Ilyen rutin a sütés, főzés, fűtés és számos más olyan tevékenység, amely viszonylag magas energiaigényű. Ilyenkor a villamos energiahálózatban csúcsterhelés keletkezik, ami túllépheti a bejövő kapacitást. Ezért szükségesnek láttuk egy olyan töltésvezérlő kifejlesztését, amely alkalmas a töltőáramok dinamikus vezérlésére. Ehhez azonban meg kellett ismernünk egy töltőpont teljes felépítését.

2. Az AC töltőállomás felépítése

Az 2. ábrán látható egy tipikus töltőállomás felépítése.

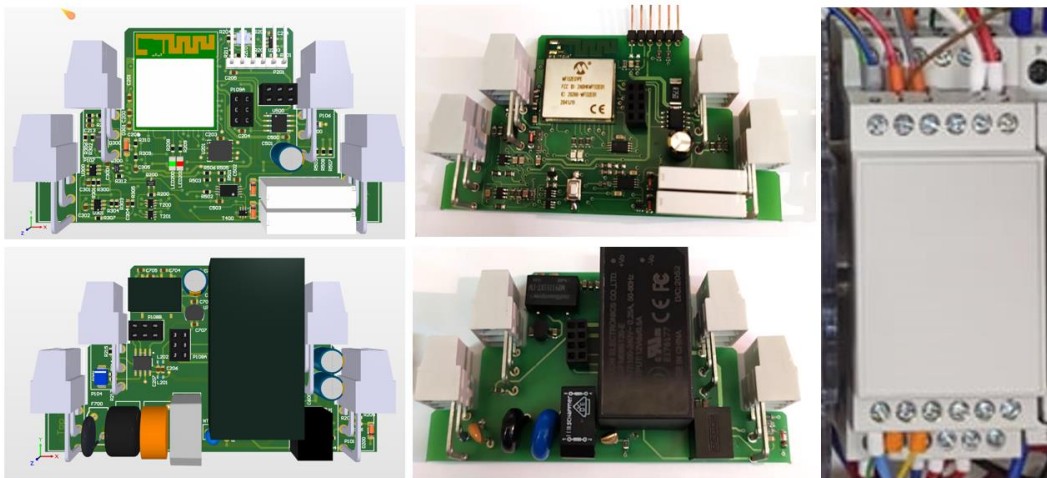


17. ábra AC töltőállomás felépítése [3]

A töltő elektromos hálózati betáplálása egy fogyasztásmérőbe érkezik. Ez a fogyasztásmérő méri a töltőpont teljes energiafelvételét. Általában ezek a fogyasztásmérők rendelkeznek digitális interfésszel, amelyen keresztül könnyedén lekérdezhetőek. Ezután egy hibaáramvédőkapcsoló (RCD) van, amely érintésvédelmi előírások miatt szükséges. A betáplálási oldalon még egy túlfeszültség védelem is szükséges (Surge Arrester). Középen az EPC a töltésvezérlő. A feladata a fogyasztásmérő által mért értékek kiolvasása, a kommunikáció biztosítása az autóval és a töltő csatlakozó (Charging Socket) feszültség alá helyezése a mágneskapcsoló (Contactor) segítségével. Az RCM az esetleges hibaáram detektálása miatt van, az MCB az autó túláramvédelmét valósítja meg. Továbbá szükséges még PEN izolator alkalmazása is a biztonságos működtetéshez.

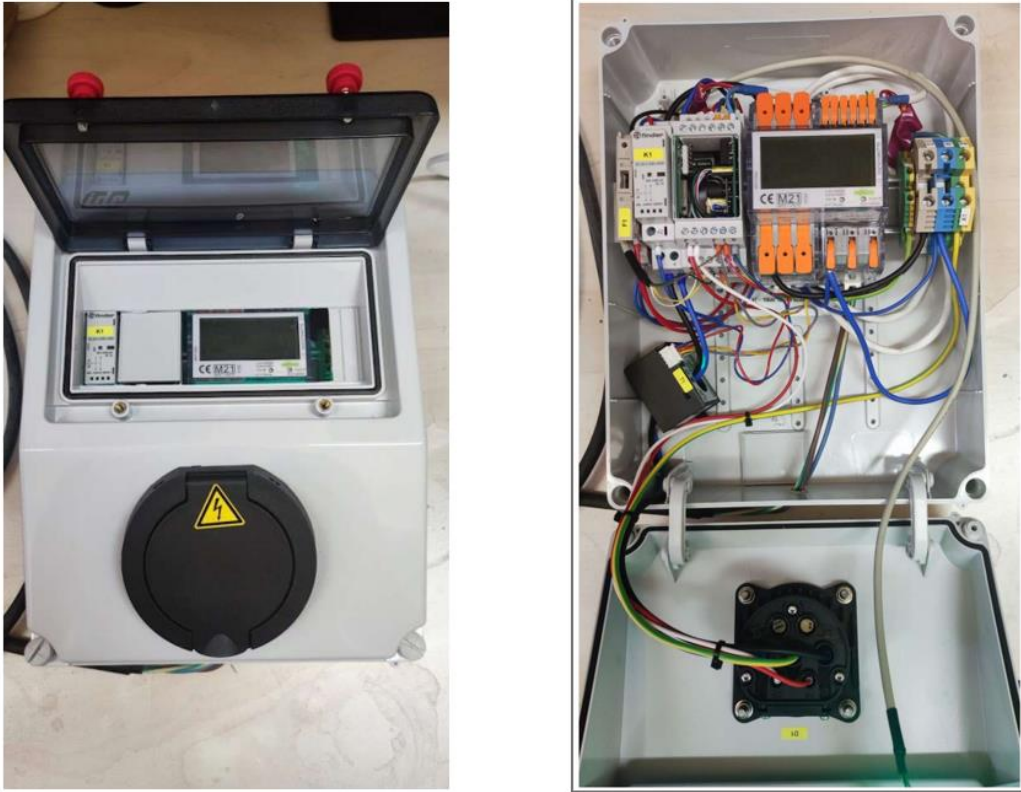
3. A töltő vezérlő tervezése

A tervezés során először a minimumelvárásokat kellett definiálni. A terméknek teljesen kompatibilisnek kell lennie az IEC 61851 szabvány által specifikált (EV) töltőponti csatlakozókkal. Az elektromos járművek töltési folyamatának vezérlése és ellenőrzése az IEC61851 szerint (Mode 3) kell működni. Ez azt jelenti, hogy egy, illetve három fázisú AC töltést kell támogatnia 32 A-es maximális árammal.[4] Az elektromos járművel való kommunikáció az IEC62196-2 vagy SAE J1172 szabvány szerint történik. Legyen hibaáramvédő detektálási lehetőség (RCM). A töltési áramot 6-32 Amper közt lehessen állítani. Egyaránt használható legyen csatlakozóval ellátott vagy beépített vezetékkel rendelkező aljzatokkal. Opcionálisan legyen lehetőség elektromágneses vagy motoros reteszelés kialakítására, erről visszajelzés is legyen. Rendelkezzen WiFi kapcsolattal, ahol a töltő paraméterezése, valamint a felhasználói kapcsolat megvalósítható. Kialakítása során DIN modulos, a könnyű telepíthetőség végett. Ezután megterveztük és legyártottuk a vezérlőt. A 2. ábra szemlélteti a 3D tervet és a valóságban megépült vezérlőt.



18. ábra Az elkészült töltésvezérlő

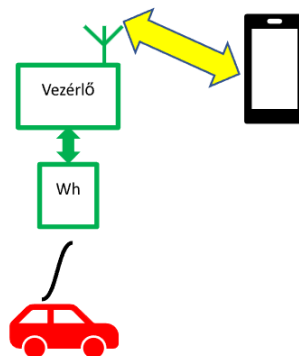
Az alsó áramkör a vezérlő galvanikusan leválasztott tápegysége a felső pedig maga a vezérlő. A jobb oldali ábra a dobozolt prototípus. A hardver elkészülésével párhuzamosan ment a szoftverfejlesztés. Az így megépített vezérlő tesztelése során egy prototípus töltőpontot alakítottunk ki. Ezt a 4. ábra szemlélteti.



19. ábra Töltőpont prototípus

A tesztelés során különböző autógyártók elektromos autóival teszteltünk és gyűjtöttük az információkat.

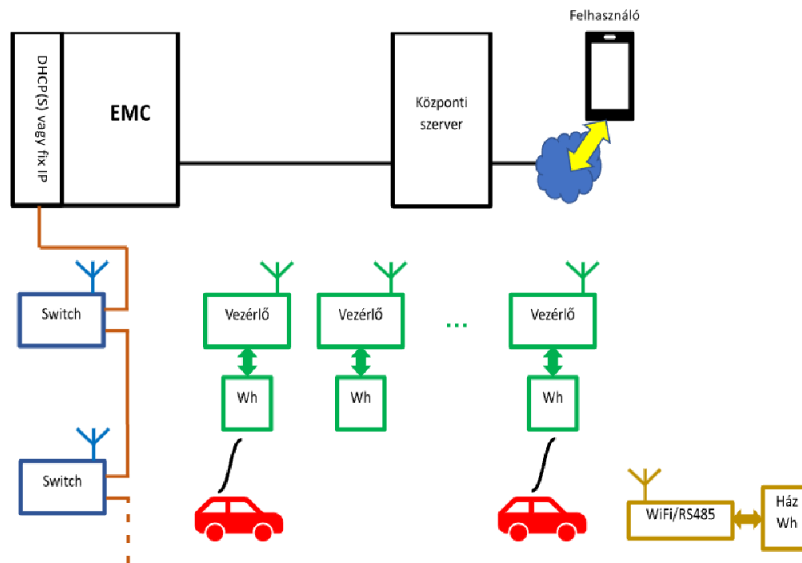
Ami a számunkra érdekes volt, hogyan reagál a töltőáram beállításra. Valamely autógyártó terméke szinte azonnal, viszont van olyan autócsoport is amelyik csak 25 mp elteltével változtatja a töltőáramát. Ezen információk ismeretében kezdtük el definiálni az elvárásokat az energiamenedzselt rendszerrel kapcsolatban. A teszt során önálló működés egyedi, energiamenedzsment nélküli üzemmódban működtek a vezérlők.



20. ábra Önálló töltő rendszerfelépítése

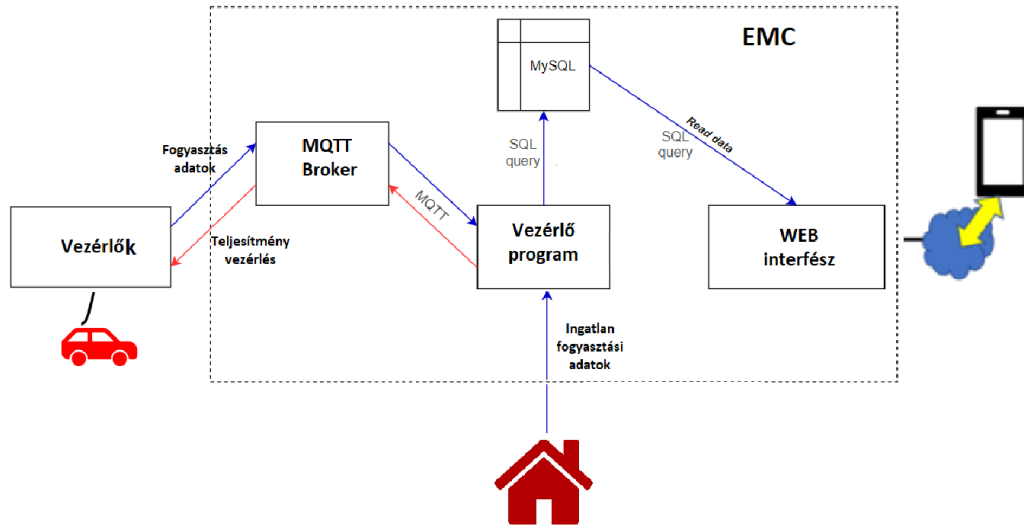
4. Az energiamenedzselt rendszer

A célunk, hogy olyan rendszert készítsünk, amely alkalmas társasházi parkolókból üzemelni. A rendszerünk legyen képes a bejövő rendelkezésre álló energia hatékony szétosztására. Kezelje az új töltésgényeket és erőforrás hiány esetén legyen képes szüneteltetni a töltést. A rendszernek távolról elérhetőnek kell lennie és számlázási funkciókat is tartalmaznia kell. Az így elkészült fizikai rendszertervet az 6. ábra ismerteti.



21. ábra Fizikai rendszerterv

Az energiamenedzselt rendszer legfontosabb funkciója a töltésvezérlők maximális töltőáramának adaptív menedzselése. Az adaptivitás bemenő paramétere az ingatlanba bejövő névleges villamos áram és az aktuálisan felvett ingatlan áram különbsége lesz. Tehát szükséges mérnünk a lakóház fogyasztását. A mért érték elküldésre kerül az energiamenedzselést végző szervernek (EMC). A töltésvezérlők WiFi kapcsolat segítségével kommunikálnak az EMC-vel. A kommunikáció során folyamatos információt biztosítanak aktuális állapotukról és a töltő fogyasztásmérő által mért értékekről. A switchek az informatikai hálózatot biztosítják. A központi szerver feladata a több társasházi alrendszer összefogása. Ez a gép az üzemeltető/szolgáltatónál kerül kiépítésre. A logikai felépítést az 7. ábra szemlélteti.



22. ábra Logikai rendszerfelépítés

A vezérlők MQTT protokoll segítségével végzik a kommunikációt. A hatékony működés feltétele a végpontok állapotának pontos ismerete, ezért a felfelé irányuló kommunikáció során a vezérlők küldik a fogyasztási adatokat, az aktuális állapotukat, valamint hiba esetén a hiba okát meghatározó paramétereket.

Lehetséges állapotok:

- Nincs autóhoz csatlakoztatva
- PP ellenőrzés
- Fogyasztásmérő ellenőrzése
- Startra várakozás
- Engedélyre várakozás
- Autó töltés kérésre várakozás
- Rögzítés bekapcsolás
- Rögzítés ellenőrzés
- AC kontaktor bekapcsolás
- Töltés
- Töltés leállítás
- AC kontaktor kikapcsolás
- Rögzítés oldás
- Szünet
- Szünet vége
- Kábel kihúzásra vár

Lehetséges hibaállapotok:

- hibaáram figyelő ellenőrzése
- hibaáram figyelő hiba
- hibaáram figyelő hiba jelzése töltés alatt

- hibaáram figyelő hiba jelzése töltés végen
- E állapot
- F állapot
- Szellőztetést igényel a töltés
- Dióda
- Rögzítés
- PP
- Fogyasztás merő hiba
- MQTT kapcsolat megszakadt

A vezérlő program ezen adatokat egy SQL adatbázisban tárolja. A vezérlőprogram továbbá a töltések engedélyezését, szüneteltetését és a töltőáramok meghatározását végzi. Folyamatosan figyelemmel kíséri az ingatlan fogyasztását, és ez alapján kalkulálja ki töltőpontok maximális áramát. Ha például tölt egy autó, és az ingatlanban nincs fogyasztás akkor maximális áramot engedélyez a rendszer. Amint közelítünk a névleges kapacitás értékéhez (pl. bekapcsoljuk a sütőt), úgy elkezd visszavenni a töltőáramot. Abban az esetben, ha nincs szabad kapacitás, akkor szünetelteti töltést.

A vezérlőprogram nem csak egy töltőt vezérel és számos más feladata van. Kezeli az új töltésigényeket, hiszen, ha új belépő van akkor neki alokálni kell energiát. Ez kétféleképpen történhet. Az egyik lehetőség a meglévő kapacitás újra osztása. Ilyenkor bizonyos töltők maximális árama csökkentésre kerül, és az így felszabadult kapacitás szerint már megkezdheti a töltést az új belépő. Abban az esetben, ha nincs szabad kapacitás, akkor valamelyik töltést szüneteltetni kell. Jelenleg a légrégebben töltő autó kerül szünet állapotra. Nem maradhat azonban végtelen ideig szünet állapotban, hiszen a célunk, hogy ne legyen töltetlen autó. Ismét két lehetséges út van.

Abban az esetben, ha szabadul fel kapacitás és van szünetelő töltő akkor visszakerül a töltésbe. Ha nincs szabad kapacitás, akkor 30 perc szünet után kivételre kerül egy töltő és visszakerül a legrégebben szünetelő töltő. Ha szabadul fel kapacitás és nincs szünetelő töltő akkor adaptívan növeli a töltők maximális áramértékét. A teljesítményszabályozást a vezérlőprogram MQTT protokoll segítségével tudatja a vezérlőkkel. A vezérlőprogramnak még detektálnia kell a hálózati hibákat is. Abban az esetben, ha leszakad egy töltő akkor annak töltését azonnal be kell szüntetni. Ezt a töltésvezérlő végzi, a szerveren lévő vezérlőprogram pedig kiveszi a listából és leállítja a számlázást. A rendszer alkalmas hiba esetén felhasználó értesítésére, valamint számlázási funkciókat is tartalmaz.

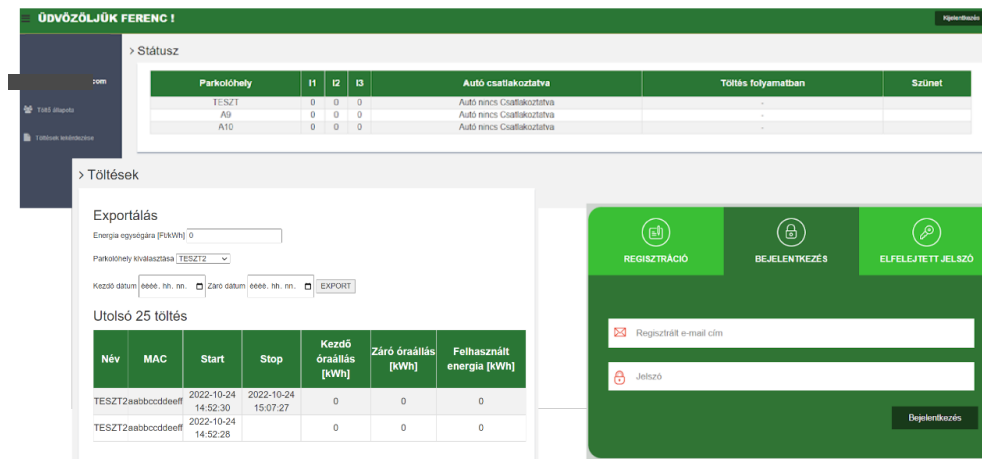
A rendszer egy független WEB interfészen keresztül csatlakozik az adatbázishoz a teljes menedzsment megvalósítása érdekében.

5. WEB interfész

Egy ilyen rendszer üzemeltetése során elkerülhetetlen a felhasználói/üzemeltetői interakció. A választásunk egy WEB UI létrehozására esett, ahol a teljes rendszer menedzselhető. A fejlesztés során folyamatosan szem előtt tartottuk a korszerű trendeket és a mobilkompatibilitást. A web elérés háromszintű hozzáférést biztosít.

- Felhasználói
- Üzemeltetői
- Rendszertelepítői

A felhasználói szint a legalacsonyabb joggal rendelkező. Itt minden felhasználó kap egy fiókot, ahol real-time tekintheti meg a parkolóhelyének adatai és korábbi töltéseit.



23. ábra Felhasználói hozzáférés

Az üzemeltetői felület közepes jogosultággal rendelkezik. Itt lehetséges a felhasználók kezelése, a parkolóhelyek nevesítése és felhasználóhoz rendelése. A teljes parkoló számlázási funkciója itt kérdezhető le, és exportálható Excel formátumban. Az üzemeltető megtekintheti a rendszer aktuális állapotát, azonban a paramétereket nem változtathatja meg.

Rendszer állapot

> L1 fázis				
Név	MAC	I max [A]	I1 valós [A]	
> L2 fázis				
Név	MAC	I max [A]	I2 valós [A]	
> L3 fázis				
Név	MAC	I max [A]	I3 valós [A]	
> Szünetelő töltők				
Név	MAC	Szünet érvényességi ideje		
> Összegzés				
Utolsó adat	I1 max [A]	ΣBejövő áram I1 [A]	ΣTöltők árama I1 [A]	Lakás áramfelvétele I1 [A]
2022-08-18 12:54:47	25	14.72	0	14.72
Utolsó adat	I2 max [A]	ΣBejövő áram I2 [A]	ΣTöltők árama I2 [A]	Lakás áramfelvétele I2 [A]
2022-08-18 12:54:47	25	7.92	0	7.92
Utolsó adat	I3 max [A]	ΣBejövő áram I3 [A]	ΣTöltők árama I3 [A]	Lakás áramfelvétele I3 [A]
2022-08-18 12:54:47	25	15.54	0	15.54

24. ábra Rendszerállapot

A rendszertelepítő a legmagasabb jogosultsággal rendelkezik. Képes dinamikusan állítani a rendszer paramétereit (kiépítés típusa, fogyasztásmérő elhelyezkedése, maximális rendszerkapacitások beállítása). Lehetősége van töltő regisztrálására/eltávolítására, valamint tiltására. Teljes rendszernaplót megtekintheti és kezeli az üzemeltetőket.

25. ábra Rendszertelepítői beállítások

A rendszerről működéséről teljes naplózás készül. A töltési adatok egy évig eltárolásra kerülnek.

6. A rendszer tesztelése, próbaüzeme és a továbbfejlesztési irányok

A megvalósított rendszert több mint két hónapos tartós teszt alá vetettük. 10 darab töltőt telepítettünk egy cég udvarára, ahol a lakóház szerepét egy gyáregység töltötte be. Ez a választás azért volt indokolt, hiszen az üzemcsarnokban nagyfogyasztású gépek dolgoztak, (CNC, hidraulikus prés...), amelyek jól szimulálták a hirtelen ingadozó lakóházi áramigényt. A tesztelés során folyamatosan javítottuk a felmerülő kisebb hibákat. A teszt során egyszer sem történt bejövő áram túllépés, valamint 96 töltésből 96 sikeresen lezajlott.

A rendszer validálása után egy élesben működő rendszer kiépítése következik. 2023. januárjában egy parkolóházban kerül kiépítésre a rendszer, ahol első körben 50, majd összesen várhatóan 200 töltőpont kerül letelepítésre.

A továbbiakban szeretnénk implementálni az OCCP-t (Open Charge Point Protocol). A parkolóhelyeket kiegészítjük RFID azonosítással, amely a számlázásba is bekerül. Igény van mobilalkalmazás fejlesztésére is. Az EMC kiesése jelenleg a rendszer üzemszünetét eredményezi, ezért annak redundáns kivitelezése már folyamatban van. A helyszínre járás elkerülése érdekében távoli firmware frissítés lehetőséget fogunk biztosítani. Jelenleg hiba esetén e-mail értesítést kap a felhasználó, azonban ezt szeretnénk SMS küldéssel is kiegészíteni a reagálási idő minimalizálása érdekében. A havi számlák lekérdezése könnyedén automatizálható és egyedileg küldhető, azonban ez sem került még kialakításra.

7. Összegzés

Összeségében elmondhatjuk, hogy sikerült megvalósítanunk egy olyan töltés vezérlőt, amely képes önállóan és rendszerben is működni. Az általunk készített vezérlő rendelkezik minden olyan tulajdonsággal, amely elvárható napjainkban. Önálló működés esetén a WiFi kapcsolat segítségével könnyedén kezelhető, ezért a lakosági egy darabos kiépítésnek megfelelő olcsósága és praktikussága miatt. Rendszerbe telepítve pedig egy olyan adaptív rendszert kapunk, amely alkalmas a különböző terhelési csúcsokra reagálni, így biztosítva azt, hogy a bejövő kapacitást semmiképpen ne lépjük túl, de az autók mindenképpen töltődjenek.

Források

- [1] Újabb rendszerterhelési rekord,
https://aszodiattila.blog.hu/2019/01/09/ujabb_rendszerterhelesi_rekord_a_2018-as_ev_gyors_elemezese, Megtekintve: 2022.10.18.
- [2] 7/2006. (V. 24.) TNM rendelet
Az épületek energetikai jellemzőinek meghatározásáról,
<https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a0600007.tnm>, Megtekintve: 2022.11.04.
- [3] EV Car Charging Station Solutions, <https://www.etek-electric.com/solutions/>, Megtekintve: 2022.10.29.
- [4] IEC 61851-25:2020, <https://webstore.iec.ch/publication/31531>, Megtekintve: 2022.11.02.

Borsos Döníz, Sándor Tamás: Környezeti paraméterek figyelésére alapozott mesterséges intelligenciát tartalmazó hajtásvezérlési rendszer problémái

¹ Biztonságtudományi Doktori Iskola, Óbudai Egyetem [1034, Bécsi út 96/b, Budapest Magyarország], Óbudai Egyetem, Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar, Elektronikai Kommunikációs Rendszerek Intézet [1084, Tavaszmező utca 17., Budapest, Magyarország], borsos.doniz@uni-obuda.hu

² Óbudai Egyetem, Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar, Elektronikai Kommunikációs Rendszerek Intézet [1084, Tavaszmező utca 17., Budapest, Magyarország], sandor.tamas@uni-obuda.hu

Absztrakt: Az elektromos járművek esetében ma már a hajtásláncok hatékonyságának a növelése áll a kutatások egyik fő célpontjában. Jelen cikk is ezt a témakört kívánja körbejárni, ahol is a hajtásláncok irányítása szempontjából lényeges környezeti paraméterek hatásait mutatja be. A kutatásban kiemelten hangsúlyos még az autóbusszvezetői stílusok elemzése és hatásvizsgálata, valamint a jelenlegi fokozatváltási megoldások értékelése.

Kulcsszavak: elektromos járművek, mesterséges intelligencia, fokozatváltás, környezeti paraméterek

1. Bevezetés

Az elektromos járművek esetében ma már a hajtásláncok hatékonyságának a növelése áll a kutatások célpontjában. Elektromos járművek tekintetében számos publikációban is megjelenik az elektromos járművek energiafogyasztására gyakorolt hatástényezők összefoglalása. Ezen elemek közül a legtöbb átültethető az intelligens járműhajtás vezérlőrendszerek témakörébe is. Kiemelendő ezekből, hogy a járművezetési stílusok számos kulcsfontosságú tényezőt befolyásolnak az autóbusszok szempontjából, emellett számos olyan tényező határozható meg, amely a vezetési stílust befolyásolhatja ideiglenesen vagy állandósult jelleggel.

A sebességváltás problémájának hagyományos vezérlési módszere általában egy sebességváltó térképen alapul, amelyet manuálisan határozzák meg a korábbi tapasztalatok vagy a tesztpados tesztek kalibrálási eredményei. A jobb eredmények elérése érdekében előre megadják a jövőbeli hajtási szándékot. A megoldások teljesítménye azonban nagymértékben függ az előrejelzés pontosságától és a prediktív horizont hosszától, melyek fordítottan arányosak egymással. Az online számítási teher és az adatok frissítésével kapcsolatos problémák jelenleg még mindig nagy kihívást jelentenek, és a hatékonyság csak gyakran változó menetkörülmények között mérhető.

Jelen cikk is ezt a témakört kívánja körbejárni, ahol is a hajtásláncok irányítása szempontjából lényeges környezeti paraméterek hatásait mutatja be. A kutatásban kiemelten hangsúlyos még az autóbusszvezetési stílusok elemzése és hatásvizsgálata, valamint a jelenlegi fokozatváltási megoldások értékelése.

2. Hajtásszabályozásra kiható tényezők és az elektromos járművek energiafogyasztására gyakorolt hatástényezők kapcsolata

Elektromos járművek tekintetében több publikációban is feltűnik egy Ishikawa diagram az elektromos járművek energiafogyasztására gyakorolt hatástényezőkkel kapcsolatban. Az ott felsorolt elemek többsége átültethető az intelligens járműhajtás vezérlőrendszerek témakörébe is. 6 fő okozati tényezőt tartalmaz [1][2], melyek a következők:

- Technológia, jármű;
- Vezető;
- Utazási típus;
- Mesterséges környezet;
- Természetes környezet;
- Mérések.

Ezen kategóriák további alkategóriákra oszthatók, de járműhajtásvezérlés tekintetében az imént felsoroltak közül néhány tényező kizárható elektromos buszok tekintetében.

2.1 Technológia, jármű

Ebbe a kategóriába tartozik az akkumulátor, mely esetében a fő jellemzők a regenerációs ráta, a típus, a kor, a kapacitás, a tömeg és az energiasűrűség. Az akkumulátor állapota, jellemzői hatással vannak a hajtásra, de az nem kerül külön vizsgálatra. A kiegészítők, mint a navigációs rendszer, hűtés, fűtés, rádió és lámpák, inkább csak fogyasztási szempontból érdekesek.

Ami viszont hajtás tekintetében kiemelhető, az a motor jellemzői, a teljesítmény, a jármű tömege, a jármű mérete és alakja, a jármű áramlástechnikai tulajdonságai, a többlettömeg és a gumik jellemzői. A jármű tömege, alakja, mérete adott. A többlettömeg az utasok és csomagjaik súlyát jelenti. Ez több tényezőtől függ, ezek lehetnek: útvonal, napszak, évszak. A gumi jellemzői közül kiemelhető a kopás mértéke és a guminyomás.

2.2 Vezető

A vezető agresszivitása határozza meg a lassítások és gyorsítások számát, dinamikáját. Ezt kifejezetten befolyásolhatja a nem, a tapasztalat, a kor vagy a hangulat. Minél agresszívebb egy sofőr vezetési stílusa, annál több váltásra van szükség. A vezetési stílusból adódó menetdinamika a mérések számának növelésével egyre jobban közelíthető. A vezetési stílusokkal, hatásaival és mérési lehetőségeivel külön fejezet foglalkozik. Ide sorolható még egy faktor, még hozzá a hatótávolságtól való félelem. Ez nagyban befolyásolhatja a menetdinamikát, mivel túl óvatos vezetést eredményezhet.

2.3 Utazás típusa

Az utazás típusát az útvonal gyakorisága, hosszúsága, az időpontja és a sürgőssége adja [2]. Elektromos buszok esetében ezek közül az egyik releváns információ lehet a gyakoriság, hogy egy adott útvonalat milyen időközönként kell megtennie az adott járműnek vagy sofőrnek. Az útvonal hossza is befolyásoló tényező, mely normál menetútvonal esetén előre meghatározható. A menetsűrűség és a menetrend megadja, hogy milyen napszakban vagy napszakokban kell a járműnek üzemben lennie. A sürgősség kevésbé jelentős, hiszen fix indulási és viszonylag jól tervezhető megállási ütemezéssel közlekednek ezek a járművek. A sürgősségnek rendkívüli helyzetek esetén lehet jelentősége, mikor például valamilyen oknál fogva a jármű haladása

akadályozott és esetlegesen a fennmaradó útvonal szakaszon kell a kését csökkenteni. Előfordulhat olyan eset is, amikor a megszokottnál gyorsabban halad a forgalom és a jármű a menetrend betartása érdekében várakozásra vagy lassabb haladásra kényszerül az átlagosnál.

2.4 Mesterséges környezet

A mesterséges környezetet alkotják az emberekkel kapcsolatos infrastruktúrák és környezetek, például keresztezések, közlekedési és jelzőlámpák, az urbanizáció szintjei. A forgalom a torlódások mennyiségével, áramlásával és átlagos sebességével jellemezhető [2]. A forgalom növekedésével nő annak a száma, hogy egy adott járműnek hányszor kell lassítania és gyorsítania, azaz változtatnia a sebességét, megállnia és elindulnia. Ez közvetlen hatással van a járműhajtásra, a váltások számát egyértelműen befolyásolja. Ugyanilyen hatással lehet a keresztezéseknek, a gyalogosátkelőknek, közlekedési lámáknak is, illetve a sebességkorlátozásoknak is. A menetsebességet befolyásoló tényező lehet még az út felülete, az útburkolati jelek felfestésének minősége és az adott út szélessége. Mindhárom esetben egy jóminőségű, jól látható módon felfestett, széles útszakasz esetében stabilabb menetsebesség alakítható ki alacsony forgalom mellett.

2.5 Természetes környezet

A természetes környezet paraméterei közé sorolhatók a domborzati viszonyok és az éghajlat. A domborzat tekintetében jellemző paraméter lehet az átlagos meredekség, a teljes emelkedés vagy süllyedés [2]. Ezek az adatok az útvonal ismeretében adóttak, illetve a jármű aktuális pozíciójából kinyerhetők, esetlegesen további szenzoradatok segítségével pontosíthatók. Az évszakok eredendően meghatározzák az időjárást, de még adott évszakon belül is jelentős eltéréseket tapasztalhatunk Magyarországon. Hatása három területen jelentkezik. Az egyik ilyen terület a látási viszonyok romlása, melyet befolyásol a csapadék mennyisége és minősége, az erős napsütés. A másik terület a jármű stabilitását befolyásolja, ez a szél mértéke és a csapadék. A harmadik terület a hőmérséklethez köthető, itt a hűtés és fűtés rendszerek használata lehet befolyásoló tényező.

2.6 Mérések

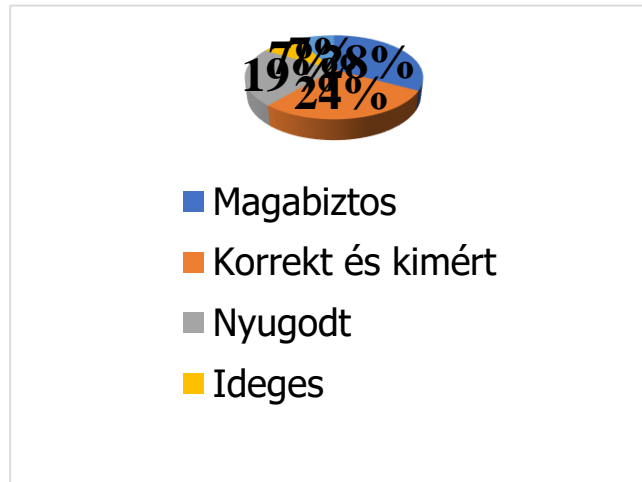
A mérések csoport hajtásszabályozás szempontból speciális esetnek számítanak, mely visszajelzésként szolgál és az eredmények megállapításában játszik szerepet. Ennek következtében, az aktuális vizsgálatok esetén más-más mérések és befolyásoló tényezők kerülhetnek előtérbe. Ez a további részekben még kifejtésre kerül.

3. Autóbuszvezetési stílusok

A járművezetési stílusok számos kulcsfontosságú tényezőt befolyásolnak az autóbuszok szempontjából, emellett számos olyan tényező határozható meg, amely a vezetési stílust befolyásolhatja ideiglenesen vagy állandósult jelleggel. A járművezetési stílusok alapvetően befolyásolhatják a járműdinamikát és összességében a hajtásvezérlésre is hatással vannak, jelentőségük a mérések során és tervezéskor nem elhanyagolható.

A koreai Hyundai által elvégzett kísérletek eredménye képen 36750 különböző vezetési stílust azonosítottak [3]. Természetesen a csoportok között minimális különbségek vélhetők felfedezni.

Ezek alapján 5 leggyakoribb vezetési stílus határozható meg: magabiztos, nyugodt, korrekt és kimért, ideges, agresszív [3]. Ezek százalékos eloszlása az 1. ábrán látható.



Ábra 1
Vezetési stílusok

A vezetési stílust számos tényező befolyásolhatja, melyek közül a jelentősebbek kerülnek kiemelésre. Alapvető befolyásoló tényező a vezető személye. Ez a nemét, korát, tapasztalatát és aktuális hangulatát jelenti. Maga a jármű hatása sem elhanyagolható, hiszen a típusa vagy akár a műszaki állapota is egy tényező lehet. Természetesen a környezetből is érkehetnek ingerek, ilyen a forgalom vagy az időjárás aktuális alakulása. Jelentéktelennek tűnő befolyásoló tényező lehet a zene, ennek ellenére átmenetileg módosíthatja a vezetési stílust. Ide kell még sorolni további zavaró tényezőket, melyek időszakos jelleggel vannak hatással a vezetőre. Néhány példát kiemelve: navigációs rendszer figyelése, étkezés, telefonálás, beszélgetés [4].

A vezetési stílusok szintén számos tényezőt befolyásolnak. Különbség lehet, többek között, a hatótávolságban [5], a menetbiztonságban, a jármű élettartamában, szervízköltségekben és az utasok elégedettségében. Természetesen a hajtásszabályozás szempontjából sem elhanyagolható [6]. Sajnos többnyire intelligens hajtásszabályozás tervezésekor a vezetési stílust nem veszik figyelembe.

Mint minden, a vezetési stílus is mérhető a járművekben rendelkezésre álló berendezések által vagy kiegészítő rendszerek beiktatásával. Alapvetően a gázpedál és fékpedál használatát monitorozzák, gyorsulá szenzorokat alkalmaznak, felhasználják a fordulatszám és a nyomaték adatokat. Ennél komplexebb mérési módszerek a pupilla követése, arcfelismerés, pulzus és vérnyomás adatok értékelése, további, a kormánymarkolatba és a pedálokba helyezett érzékelők alkalmazása. Minél több adat áll rendelkezésre, annál pontosabban meghatározható a vezetési stílus, mely összetett algoritmusok vagy akár mesterséges intelligencia felhasználásával kategorizálható be és alkalmazható a hajtásszabályozásban.

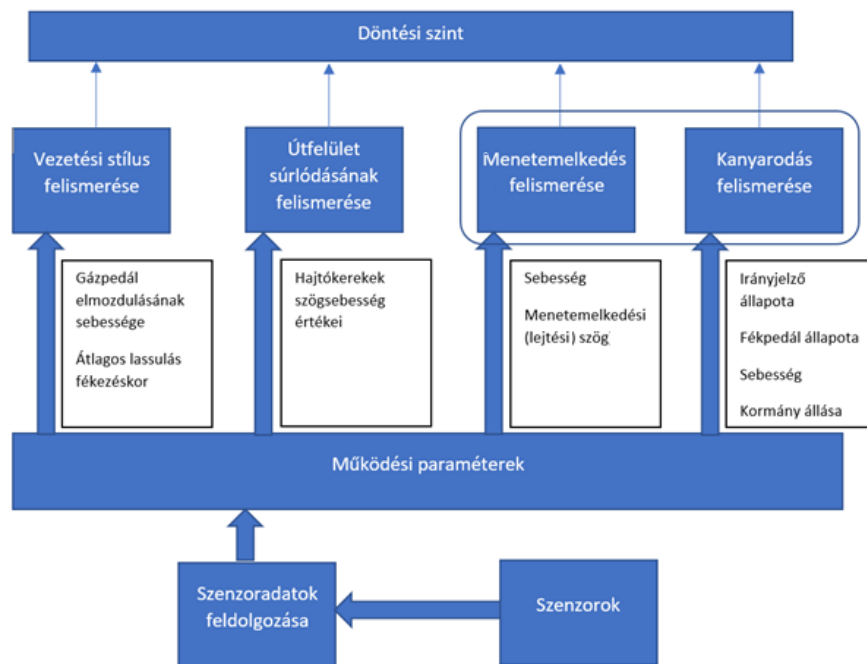
4. Környezeti paraméterek figyelésére alapozott hajtásvezérlési rendszer problémáinak azonosítása

A sebességváltás problémájának hagyományos vezérlési módszere általában egy sebességváltó térképen alapul, amelyet manuálisan határozzák meg a korábbi tapasztalatok vagy a tesztpados tesztek kalibrálási eredményei. A jobb eredmények elérése érdekében előre meghatározzák a jövőbeli hajtási szándékot, és megoldják az optimalizálási problémákat minden véges horizonton, ésszerű vezérlési sorrend elérése érdekében. A teljesítmény azonban nagymértékben függ az előrejelzés pontosságától és a prediktív horizont hosszától, melyek fordítottan arányosak egymással. Az online számítási teher és az adatok frissítésével kapcsolatos problémák jelenleg még mindig nagy kihívást jelentenek, és a hatékonyság csak gyakran változó menetkörülmények között mérhető. [7]

Tanulmányok és vizsgálatok alapján a következő problémák azonosíthatók [7][8][10][11]:

- Hiába hasonlóak és ismertek az útviszonyok a buszok közlekedése szempontjából, de a vezetési stílus és a forgalmi helyzet nem kerül figyelembevételre. Nem feltétlenül eredményez teljesítmény javulást, ha egy adott ciklus paraméterei kerülnek érvényesítésre minden körülmény között.
- Figyelmen kívül hagyásra kerül a sebességfokozatok mechanikai hatékonysága és a sebességváltás késleltetése.
- Általános járművekben használt feldolgozóegység számítási korlátjai nem kerülnek figyelembevételre.

Hatékonyabb eredmény érhető el, ha figyelembevételre kerül a sebességen és a nyomatékon kívül a fékpedál állapota, az irányjelző állapota és a kormány elfordításának mértéke [8]. Ezek mellett valamilyen módon a vezetési stílus is vizsgálatra kerül. Ez alapján felvázolható egy blokkvázlat a döntés meghozataláról. A 2-es ábrán olvasható, hogy a vezetési stílus behatárolható két egyszerű méréssel, mely a gázpedál elmozdulását és a fékezés alatti átlagos lassulást veszi figyelembe.



Ábra 2
Döntés lehetséges komponensei

Döntési szint kiegészíthető további paraméterekkel, melyek GPS koordinátákon alapulnak [9][12]. Ez alapján, ha ismert a sebesség belső szenzor adatai és GPS alapján, a magasság belső szenzor adatai és GPS alapján, a nyomaték, a váltó aktuális állapota, a fékezés mértéke és az elérhető műholdak száma, akkor a hajtási szándék kellő pontossággal becsülhető.

A figyelembe vett környezeti paraméterek sora tovább bővíthető az emelkedési faktor bevezetésével, melynek alapját a lejtők és az emelkedők adják [10]. Ezen kívül nem elhanyagolható a terhelési tömeg, a jármű gördülési és aerodinamikai tényezői, valamint a csúszási tényező [13][14].

Megállapítható, hogy az emelkedési faktor hangsúlyosan hatással van a járművek menetdinamikájára, főleg, ha hosszú útszakaszon állnak fent vagy a szintkülönbség jelentős [11]. Kiemelt jelentőséggel bíró hatástényezőként azonosítható még a fékezés és a kanyarodás. Az útburkolat csúszóssága és az időjárás hatása nem elhanyagolható, de nem tekinthető elsődleges döntési alapnak [15].

Konklúzió

Az összefoglaltak alapján belátható, hogy párhuzam vonható az elektromos járművek fogyasztását befolyásoló bizonyos tényezők és a hajtásszabályozásra kiható tényezők között. Ennek az egyik csoportja a vezető hatásai, méghozzá maga a vezetési stílus. A legtöbb rendszer kidolgozásában ezt figyelmen kívül hagyják.

A legtöbb megjelent tanulmány alapja egy kétváltozós sebesség-nyomaték térkép, mely a váltásokat egy előre meghatározott tábla alapján ütemezi, azaz nem használ fel további paramétereket jobbminőségű váltási ütemezés kialakításához.

Kiemelt paraméterként jelenik meg a lejtés/emelkedés vizsgálata, mely fedélzeti szenzorok adatainak és GPS adatok felhasználásával kerül meghatározásra és becslésre is. Ezek mellett a kanyarodás, fékezés felismerése került azonosításra, mint további meghatározó tényező. Az időjárás elemei gyengén befolyásoló tényezőként jelennek meg.

Látszik, hogy rengeteg paraméter figyelhető és képezheti a hajtással kapcsolatos döntések alapját, de nem szabad figyelmen kívül hagyni, hogy a növekvő adatszám a rendszer és az algoritmusok bonyolultságát is megnöveli, ezáltal nagyobb tárolási és számítási kapacitásra lesz szükség.

Források

- [1] A. Ibrahim and F. Jiang, "The electric vehicle energy management: An overview of the energy system and related modeling and simulation", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol 144, 2021, doi: 10.1016/j.rser.2021.111049.
- [2] W. Li, P. Stanula, P. Egede, S. Kara and C. Herrmann, "Determining the Main Factors Influencing the Energy Consumption of Electric Vehicles in the Usage Phase", *Procedia CIRP*, vol 48, 2016, pp. 352-357, doi: 10.1016/j.procir.2016.03.014.
- [3] Hyundai, "Hyundai reveals the Drive Different Test", 2019, [Online] Available: <https://www.hyundai.news/eu/articles/press-releases/hyundai-reveals-the-drive-different-test.html>
- [4] O. S. Liang, and C. C. Yang, "Determining the risk of driver-at-fault events associated with common distraction types using naturalistic driving data", *Journal of Safety Research*, vol. 79, 2021, pp. 45-50, doi: 10.1016/j.jsr.2021.08.003.
- [5] F. E. Zannikos, E. Tzirakis and S. Stournas, "Impact of driving style on fuel consumption and exhaust emissions: defensive and aggressive driving style", 10th International Conference on Environmental Science and Technology, 2007, pp. 1947-1504, [Online] Available: https://www.researchgate.net/publication/258149928_Impact_of_driving_style_on_fuel_consumption_and_exhaust_emissions_defensive_and_aggressive_driving_style
- [6] E. Szumska and R. Jurecki, "The Effect of Aggressive Driving on Vehicle Parameters", *Energies*, vol. 13., 2020, pp. 1-16, doi: 10.3390/en13246675.
- [7] Lin, M. Zhao, H. Pan and J. Yi, "Blending gear shift strategy design and comparison study for a battery electric city bus with AMT", *Energy*, vol. 185, 2019, pp. 1-14, doi: 10.1016/j.energy.2019.07.004.
- [8] J. Hui and G. Anlin, "A New Vehicle Intelligent Shift System", *Advances in Mechanical Engineering*, vol. 2013, 2013, pp. 1-9. doi: 10.1155/2013/303691.
- [9] P. Sahlholm and K. H. Johansson, "Road grade estimation for look-ahead vehicle control using multiple measurement runs", *Control Engineering Practice*, vol. 18, 2013, pp. 1328-1341, doi: 10.1016/j.conengprac.2009.09.007.
- [10] K. Jo, J. Kim and M. Sunwoo, "Real-Time Road-Slope Estimation Based on Integration of Onboard Sensors With GPS Using an IMM-PDA Filter," in *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, vol. 14, no. 4, pp. 1718-1732, Dec. 2013, doi: 10.1109/TITS.2013.2266438.
- [11] L. Yulong, L. Ke, Y. Zhang, F. Yao, L. Hongbo, L. Ge and T. Hui, "Adaptive Gearshift Strategy Based on Generalized Load Recognition for Automatic Transmission Vehicles", *Mathematical Problems in Engineering*, vol. 2015, 2015, pp. 1-12, doi: 10.1155/2015/614989.
- [12] A. Fodor and T. Sándor, "Study of vehicle dynamic properties and gear shift mechanism of Electrical vehicles", 2021 IEEE 4th International Conference and Workshop Óbuda on Electrical and Power Engineering (CANDO-EPE), 2021, pp. 177-180, doi: 10.1109/CANDO-EPE54223.2021.9667815.

- [13] I. Bendiák and T. Sándor, "Comparison of the propulsion of electric vehicles for passenger cars and buses in terms of efficiency optimization," 2021 IEEE 4th International Conference and Workshop Óbuda on Electrical and Power Engineering (CANDO-EPE), 2021, pp. 173-176, doi: 10.1109/CANDO-EPE54223.2021.9667858.
- [14] S. K. Somogyi and T. Sándor, "Efficiency optimization of electric buses through transmission control," 2021 IEEE 4th International Conference and Workshop Óbuda on Electrical and Power Engineering (CANDO-EPE), 2021, pp. 181-186, doi: 10.1109/CANDO-EPE54223.2021.9667803.
- [15] B. J. Héjja and T. Sándor, "The role of traffic effects and environmental effects in optimizing the consumption of an electric bus," 2021 IEEE 4th International Conference and Workshop Óbuda on Electrical and Power Engineering (CANDO-EPE), 2021, pp. 187-192, doi: 10.1109/CANDO-EPE54223.2021.9667879.

Wühl Tibor: DSP algoritmusok hiba felderítése

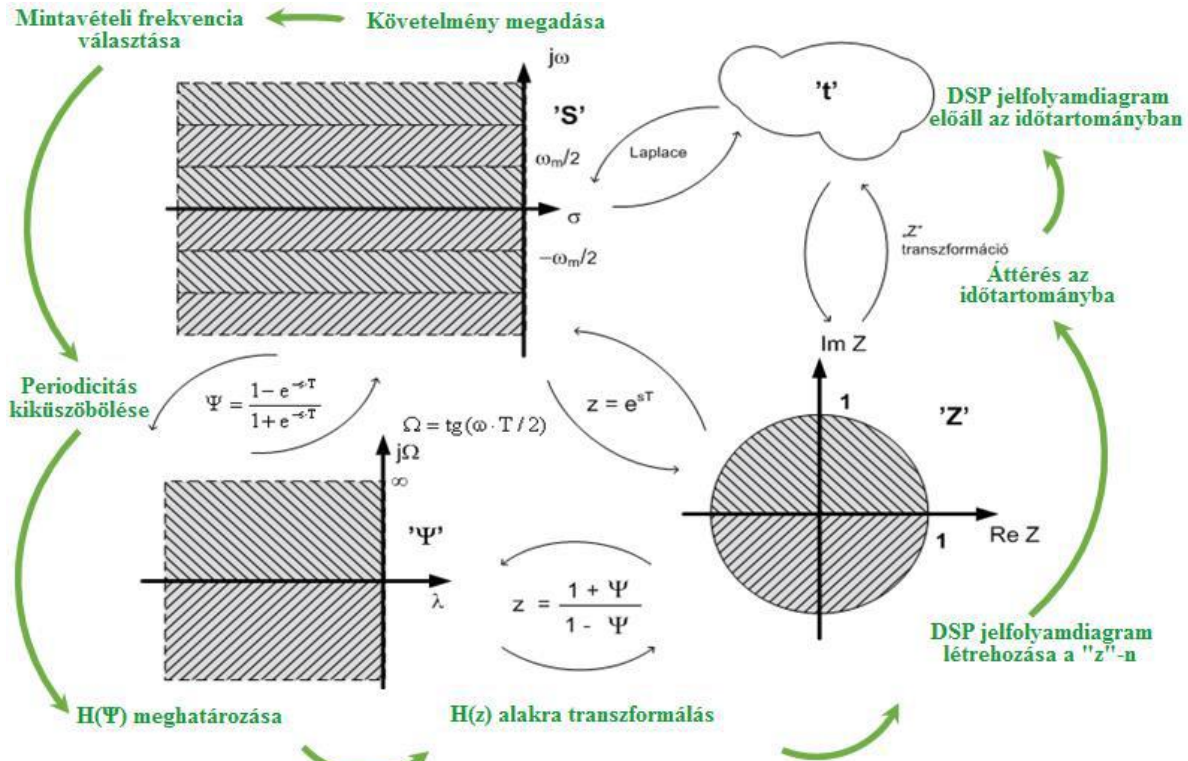
Óbudai Egyetem, Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar
(orcid.org/0000-0002-7522-3511)

Absztrakt: A Digitális jelfeldolgozás (DSP – Digital Signal Processing) a villamosmérnöki gyakorlat szinte minden területén alkalmazásra kerül. A jelfeldolgozó áramkörök beágyazott vezérlőkkel, vagy FPGA eszközökkel valósulnak meg. Ezen áramkörök alapját a DSP algoritmusok adják. Az algoritmus szintézis direkt struktúrájú tervezési elvek, vagy hullámdigitális tervezési elvek alapján történik. A tervezés lépéseit lineáris környezetben végezzük el. Az eredmény visszaellenőrzése elsősorban a tervezési hibákat hivatott felfedni. A lineáris körülmények között tervezett algoritmus működés helyességének ellenőrzése idő- és frekvenciatartományban valósítható meg. Az algoritmus realizálása véges bitszámon, sok esetben erősen kvantált környezetben jön létre. A lineárisan próbára tett algoritmus a nemlineáris működési környezetben hibákat rejthet, gerjedhet, illetve határciklusos választ adhat a bemeneti gerjesztésre.

Kulcsszavak: DSP, algoritmus, határciklus, gerjedés

Bevezetés

A DSP algoritmusokat tipikusan lineáris környezetben tervezzük. A tervezés egyes lépései különböző transzformációs síkokon jönnek létre. Az elvárt működést, és az azt leíró követelményt a feladattól függően az idő- vagy a frekvencia tartományban definiáljuk. A tervezés síkjait tipikusan lineáris transzformációk kapcsolják össze.



1. ábra Tervezés síkjai és a közöttük lévő lineáris transzformációk

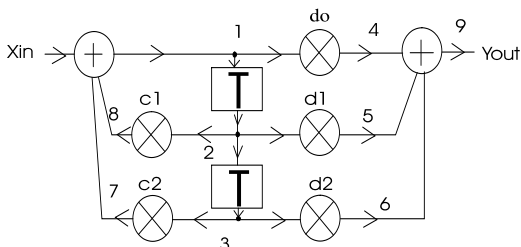
A fenti síkokon az algoritmus szintézis direkt struktúrájú tervezési elvek [1], vagy hullámdigitális tervezési elvek[1] alapján történik. A digitális számábrázolási sajátosságok és a véges bitszám nemlineáris működési környezetet jelent az algoritmusok számára. A nemlineáris hatások, túlsordulás, kvantálás hibás működést eredményezhet. A hiba felderítés a DSP algoritmus működési környezetének ismeretében szimulációs módszerrel valósítható meg

Szimulációs elv

Sok esetben jó eredményt ad a rendszer súlyfüggvényének vizsgálata. Analóg esetben a súlyfüggvény számítás egy elképzelt, a gyakorlatban nem előállítható, úgynevezett Dirac-delta gerjesztő jellel történik, melynek Laplace transzformáltja konstans egy.

Digitális környezetben, tulajdonságait figyelembe véve az ezzel ekvivalens jelet Kronecker-delta jelnek nevezzük és ez a jel a gyakorlatban is előállítható egy $t=0$ időpillanatban megjelenő egységnyi amplitúdójú jelet szimbolizáló digitális számmal, majd ezt követően minden időpillanatban nulla amplitúdó értékű mintákkal. Az így előálló gerjesztő jel diszkrét Laplace transzformáltja is egy lesz. A digitális rendszereket, algoritmusokat, ha Kronecker-delta jellel gerjesztjük, akkor arra azok súlyfüggvénnyel válaszolnak. A súlyfüggvény spektrális összetevői az algoritmus átviteli függvényét írja le.

A fentiek értelmében a DSP algoritmust célszerűen az időtartományban leírt differencia-egyenlet rendszerrel jellemezzük. Példaképp nézzünk egy másodfokú direkt struktúrát és leíró egyenleteit:



$$\begin{aligned}
 y1(k) &= x_{in}(k) + y7(k) + y8(k) \\
 y2(k) &= y1(k-1) \\
 y3(k) &= y2(k-1) \\
 y4(k) &= d0 \cdot y1(k) \\
 y5(k) &= d1 \cdot y2(k) \\
 y6(k) &= d2 \cdot y3(k) \\
 y7(k) &= c2 \cdot y3(k) \\
 y8(k) &= c1 \cdot y2(k) \\
 y9(k) &= y_{out}(k) = y4(k) + y5(k) + y6(k)
 \end{aligned}$$

2. ábra Másodfokú alaptag és az azt leíró egyenletek minden csomópontra

A fenti egyenletrendszer az algoritmus összes csomópontja közötti összefüggést megadja. Az egyenlet rendezését követően felírhatjuk az úgynevezett mátrix-vektor alakot:

$y1(k) - y7(k) - y8(k) = x_{in}(k)$ $y2(k) = y1(k-1)$ $y3(k) = y2(k-1)$ $-d0 \cdot y1(k) + y4(k) = 0$ $-d1 \cdot y2(k) + y5(k) = 0$ $-d2 \cdot y3(k) + y6(k) = 0$ $-c2 \cdot y3(k) + y7(k) = 0$ $-c1 \cdot y2(k) + y8(k) = 0$ $-y4(k) - y5(k) - y6(k) + y9(k) = 0$	$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -d0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -d1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -d2 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -c2 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & -c1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & -1 & -1 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\cdot \begin{bmatrix} y1(k) \\ y2(k) \\ y3(k) \\ y4(k) \\ y5(k) \\ y6(k) \\ y7(k) \\ y8(k) \\ y9(k) \end{bmatrix} =$	$\begin{bmatrix} x_{in}(k) \\ y1(k-1) \\ y2(k-1) \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$
--	--	---	---

A fenti egyenletrendszer egyszerűen leírt alakja a következő:

$$\underline{\underline{M}} \cdot y = g$$

Ebből az egyenletrendszerből ismert az „M” rendszermátrix, hiszen ez írja le az algoritmust és ismert lehet a „g” gerjesztési vektor, ami a bemeneti gerjesztő jelet és a kezdeti feltételeket tartalmazza. Az adott gerjesztésre az algoritmus minden csomópontja által adott választ az „y” vektor tartalmazza.

A megoldhatósághoz át kell rendeznünk az egyenletrendszert a következő alakra:

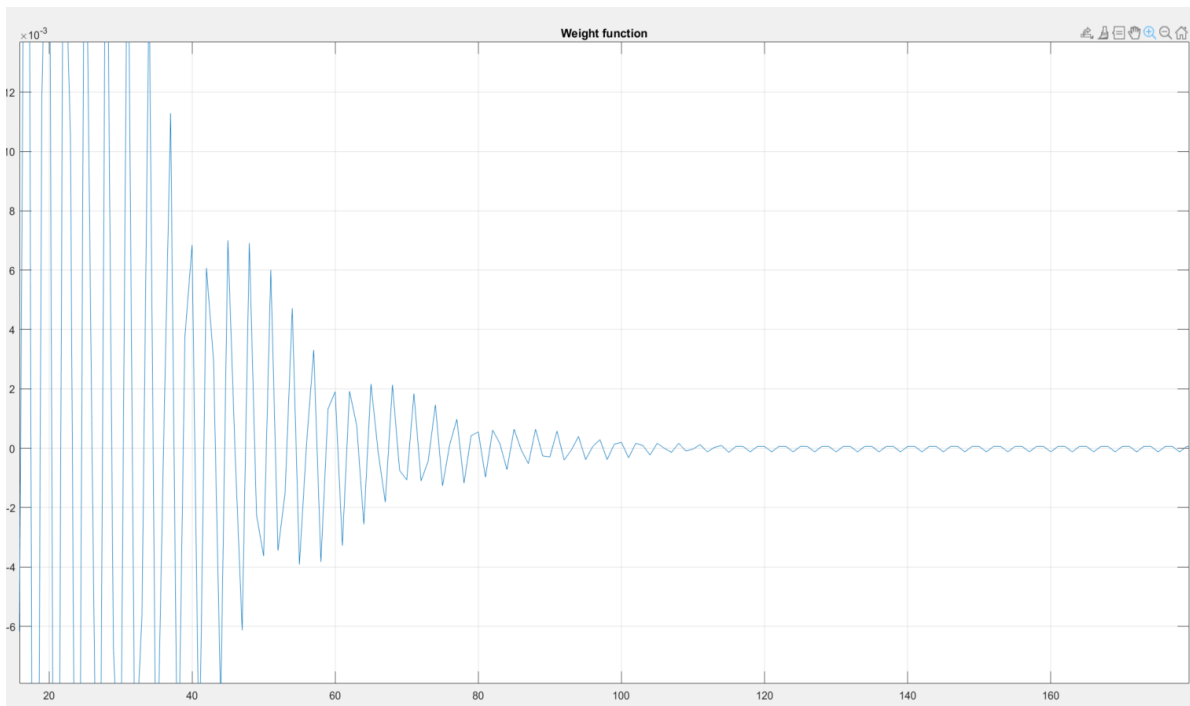
$$\underline{\underline{M}}^{-1} \cdot g = y$$

Az általam kialakított szimulációs módszerek Matlab® környezetben működnek [2] és alkalmasak a túlsordulási pontok, valamint a gerjedési és határciklus problémák kimutatására.

A kerekítésből, kvantálásból eredő jelenségek kimutatásához a kvantálási pontokra újabb építőelemek **-kvantáló építőelem-** beszúrásával szükséges bővíteni a DSP algoritmust leíró egyenletrendszert. Ezek a pontok tipikusan a szorzó áramkörök kimeneti pontjai lehetnek, de ez a DSP algoritmust megvalósító áramkörtől függ.

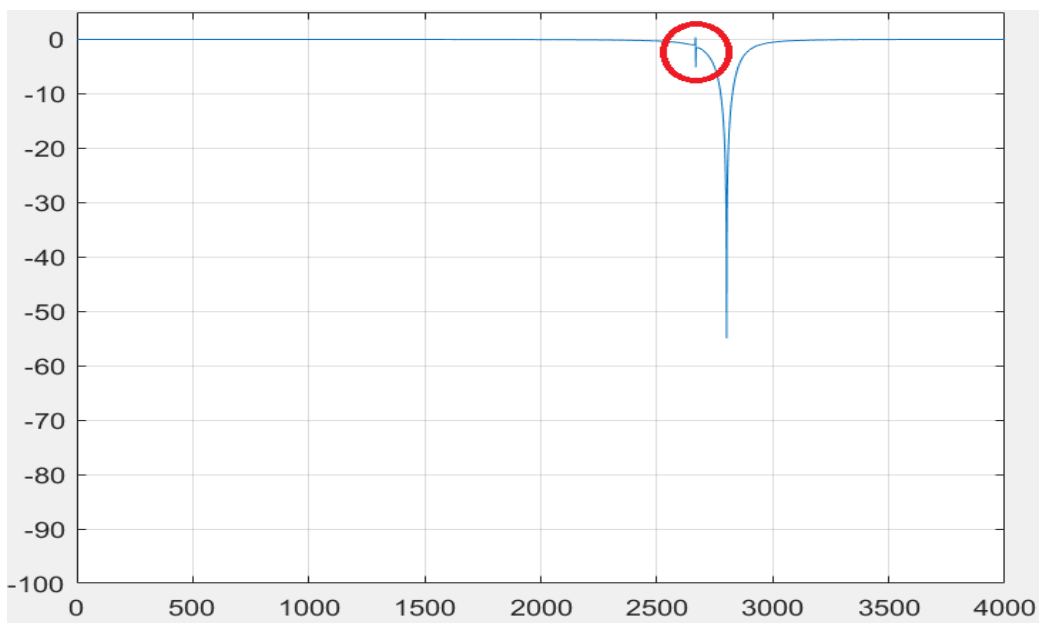
A kvantáló építőelem be és kimenete között nemlineáris összefüggés, kerekítés, csonkolás stb. adható meg. A nemlineáris összefüggésnek természetesen a megvalósítási környezet nemlinearitását kell tükröznie.

Az így futtatott szimuláció eredményeképp, ha az algoritmus ezen hardver körülmények között hibás, akkor például a következő ábrán kapott impulzus válasz jelenik meg:



3. ábra Határciklusban ragadó súlyfüggvény

Az impulzusválasz frekvenciatartományba transzformálásával megfigyelhető a határciklus, vagy az esetleges fennmaradó gerjedés:



3. ábra Határciklus, vagy gerjedés jelenség kimutatása az algoritmus átviteli függvényében

A kimutatott problémák elemzésével a működési hibák elháríthatók skálázással [3], valamint a passzivitás megtartásával [4].

Összegzés, konklúzió

A lineáris körülmények között jól működő DSP algoritmus a nemlineáris körülmények között gyorsan csődöt mondhat. Teljes működésképtelenség esetén a hiba gyorsan megmutatja magát, de gyakori esetben előfordul, hogy az algoritmus jó működést mutat, de a minőségi paraméterei nem az elvárt értéket adják. A nem szembetűnő hibák rossz minőségű berendezéseket és rendszereket jelentenek. Ezen hibák gondos analízissel javíthatók.

Hivatkozások

- [1] Wühl Tibor: Hullámdigitális jelfeldolgozás alapjai; Budapest, Magyarország: Óbudai Egyetem (2010), 124 p.
- [2] Wühl Tibor: Introduction to the use of MATLAB®: Communications and Signal processing
Budapest, Magyarország : Óbudai Egyetem, Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar(2014),75 p
- [3] Gazsi, Lajos, “Explicit Formulas for Lattice Wave Digital Filters”, *IEEE Transactions on Circuits and Systems*, Vol. 32, No. 1, pp. 68-88, January 1985.
- [4] Fettweis, Alfred, “Wave Digital Filters: Theory and Practice”, *Proceedings of the IEEE*, Vol. 74, pp. 276-327, February 1986.

Wühl Tibor: Átlapolódás gátló szűrő követelmény meghatározása

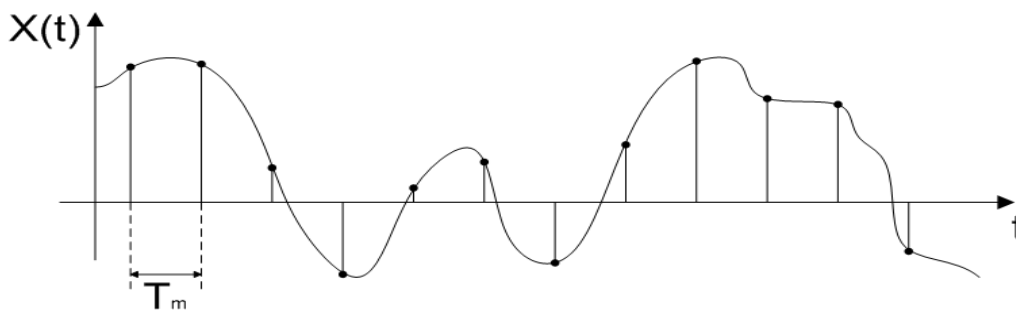
Óbudai Egyetem, Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar
(orcid.org/0000-0002-7522-3511)

Absztrakt: Analóg környezetben működő digitális jelfeldolgozó áramkör számára az analóg jeleket digitalizálni kell. A digitalizálás első lépése a mintavétel. Alapsávi jelek feldolgozásánál a mintavételre a jól ismert Shannon tétel vonatkozik, melynek be nem tartása spektrum átlapolódást okoz. A Shannon mintavételi tételt a jól megválasztott mintavételi frekvencia és a feldolgozandó analóg jel sávkorlátozását biztosító átlapolódás gátló (anti-aliasing) szűrő biztosítja. A cikk az átlapolódás gátló szűrő paramétereinek meghatározását hivatott tisztázni.

Kulcsszavak: DSP, átlapolódás, szűrő

Bevezetés

Az analóg jel digitalizálásának első lépése a mintavételezés. A mintavételezés “ T_m ” időközönként (mintavételi időköz) történő mérés, a mérés időtartama pedig “ dt ” időtartam. A mérési sorozat eredményeképp az $X(t)$ folytonos függvény, mint analóg jelből időben diszkrét Pulzus Amplitúdó Modulált (PAM) jelet kapunk.



1. ábra – Mintavételezés szemléltetése

A mintavételi idő reciproka, az egy másodperc alatt végzett mintavételek számát, vagyis a mintavételi frekvenciát adja.

$$f_m = \frac{1}{T_m}$$

A mintavételezés gyakoriságát, illetve a mintavételi frekvencia értékét szabályok kötik, mely szabályt mintavételi tételnek, Nyquist-Shannon kritériumnak is szokás nevezni.

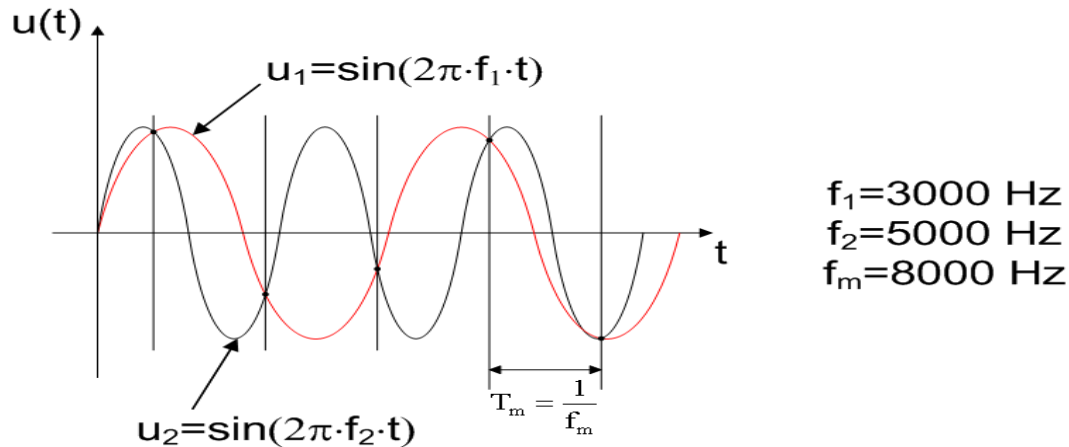
A Nyquist-Shannon kritérium betartását a feldolgozandó jel spektrumképeinek ismeretében, helyes mintavételi frekvencia meghatározásával érhetjük el.

$$f_m \geq 2 \cdot f_{\max}$$

A Shannon mintavételi tétel megsértése úgynevezett spektrumátlapolódás jelenségét okozza.

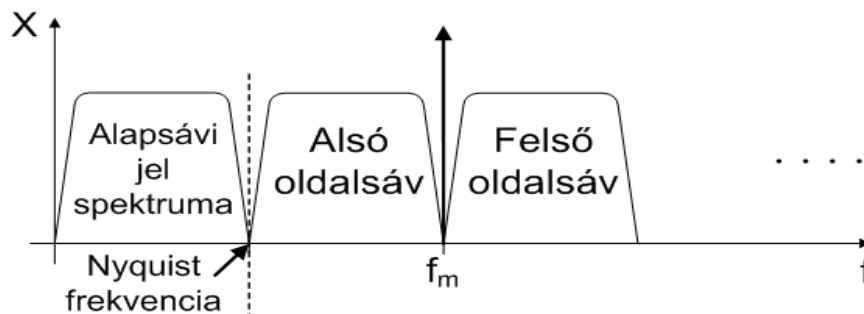
A spektrumátlapolódás fizikai értelemben az a jelenség, amikor a hasznos frekvenciasávon kívül eső komponensekből vett minták hasznos sávba eső komponenseket produkálnak.

A jelenség a jel időtartományban történő megfigyelésével érthető meg egyszerűen:



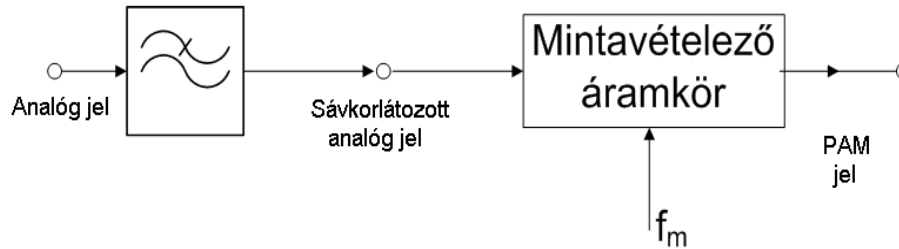
2. ábra – Alapsávi harmonikus jel és annak egy sávon kívül eső “utánzó” komponensének szemléltetése

A fenti példában a mintavételi frekvencia legyen $f_m=8000\text{Hz}$. Az u_2 -nek jelölt harmonikus jelből, melynek frekvenciája 5kHz vegyünk mintát f_m értékkel (most tudatosan megszegettük a Shannon tételt, hiszen az f_{\max} most csak maximum 4kHz lehetne!). A mintavételek időpontját a T_m időközönként berajzolt függőleges vonalak szemléltetik. A mintavételi időpontokban kapott mérési eredmények viszont tökéletesen leírják a fenti ábrán u_1 -nek jelölt 3kHz frekvenciájú harmonikus jelet! A példában tehát a sávon kívüli komponens bele fog “hajlani” a hasznos tartományba. Szintén ilyen jelenséget tapasztalnánk, ha az eredeti jel frekvenciája 6kHz lenne, ekkor viszont a hasznos sávban, a mintákból reprodukált harmonikus jel frekvenciája 2kHz-nek adódik. Ha a gondolatkísérletünket tovább végezzük, és egy 9kHz-es harmonikus komponensből veszünk mintákat, akkor a minták a hasznos sávban 1kHz-es harmonikus jelet adnak. A spektrumátlapolódás a végtelenségig tart, a spektrumképek $f_m/2$ szerinti periodicitást mutatnak.



3. ábra – Spektrumkép periodikus utánzó komponensekkel

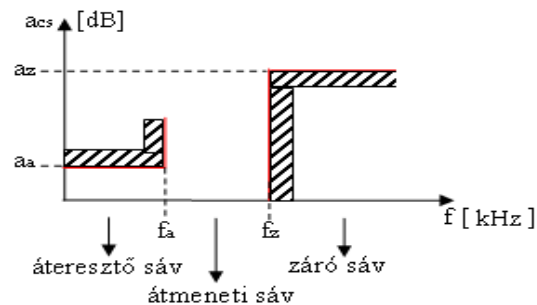
A fenti jelenség elkerülése érdekében a mintavételező áramkör elé egy átlapolódás gátló szűrőt kell beépíteni:



4. ábra – Átlapolódás jelenség elkerülése átlapolódás gátló szűrővel

Átlapolódás gátló szűrő

A spektrum átlapolódás megakadályozása úgy történhet, hogy egy rendszer mintavételi jeléhez igazodóan a feldolgozandó jel spektrumképét sávkorlátozzuk. A sávkorlátozó szűrő minden esetben analóg áramkörökből épül fel. A tipikus szűrőkövetelmény egy aluláteresztő jellegű csillapítás- vagy erősítés maszk a frekvencia függvényében.



5. ábra – Átlapolódás gátló szűrő követelménymaszk ábrája

A fenti maszkábrán a tervezéshez több kiindulási paramétert is meg kell határoznunk:

- a_a – áteresztő sáv maximális csillapítás torzítás értéke;
- a_z – záró sávi csillapítás minimumértéke;
- f_a – áteresztő sáv felső határfrekvencia értéke;
- f_z – záró sáv alsó frekvencia értéke.

Látszólag kevés paraméter megadás ellenére a feladat komplex és ez a követelmény meghatározás több eredményt is szolgáltat. Elvárásunk lehet például, hogy az analóg szűrőkövetelmény kialakításakor milyen maximális foksám valósítható meg racionálisan.

Az $-a_a$ – áteresztő sáv maximális csillapítás torzítás értékét, mint egy minőségi paraméternek értelmezhetjük. Itt azt kell megfontolni, hogy a hasznos jel esetén a hasznosnak ítélt frekvenciasávban milyen mértékű amplitúdó torzítás fogadható el.

A hasznosnak ítélt frekvenciasáv felső értékét az f_a – áteresztő sáv felső határfrekvencia értéke követelmény paraméter adja, vagyis ez is erősen rendszer minőségi paramétert meghatározó értéknek tekinthető.

Az f_z – záró sáv alsó frekvencia érték a Nyquist-Shannon kritériumból származtatható, de ez esetben az kritériumban az egyenlőség már nem fogadható el, így a kritérium matematikai formulája a következő:

$$f_m > 2 \cdot f_{\max}$$

A fenti összefüggésből látszik, hogy a túlmintavételezés [2.] hatással lehet a követelményre, mely hatására enyhébb átmeneti sávot írhatunk elő.

Vegyük például azt esetet, hogy egy 20Hz-20kHz frekvencia spektrumú hangfrekvenciás jelet kívánunk digitalizálni. Ez esetben az $f_a=20$ kHz. Mintavételi frekvencia értékünk legyen 44100Hz (ez az audioteknikában jól ismert és az audio-CD szabvány által is előírt érték).

Ez esetben az $f_z=22050$ Hz a zárósávi határ követelményünk. Ebből látható, hogy az átlapolódás gátló szűrő átmeneti sávja alig több, mint 2kHz érték. Ilyen értékű átmeneti sávra természetesen lehet tervezni, de a szűrő fokszámának meghatározásához meg kell vizsgálnunk az f_z -nél elérni kívánt minimum zárósávi csillapításértéket is.

Bár a mintavételezés és a kvantálás-kódolás egymástól jól elhatárolt funkciók, most mégis számba kell vennünk azt is, hogy egy adott dinamikartományú analóg jelet hány biten kódolunk és a kódolás folyamán az LSB-hez rendelt jelszint milyen értéket képvisel. Ez a paraméter befolyásolhatja a szűrőkövetelmény záró sávi csillapításértékét. A digitalizált jelünk dinamikartománya a maximálisan ábrázolható jelszint (U_{max}) és a minimálisan ábrázolható

jelszint (U_{LSB}) között értelmezhető, melyet a következő összefüggéssel határozhatunk meg:

$$a = 20 \cdot \log \left(\frac{U_{max}}{U_{LSB}} \right)$$

Lineáris transzfer karakterisztikájú A/D konverter esetén ezt az értéket „n” bitszám figyelembevételével és előjeles számábrázolást feltételezve a következő lesz:

$$\frac{U_{max}}{U_{LSB}} = \frac{U_{max}}{U_{max}/2^{(n-1)}} = 2^{(n-1)}$$

16 bites A/D konverter esetén a fenti összefüggésből számított dinamikartomány 90dB értéknek adódik.

Most folytassuk tovább az átlapolódás gátló szűrő követelmény gondolat kísérletet. Tételezzük fel, hogy az A/D konverter bemenete előtt található áramköröket az U_{max} értékre terveztük, mint maximális kivezélhetőség. Ez azt jelenti, hogy az f_z – záró sáv alsó frekvencia értékű (mintapélda szerinti 22050Hz frekvenciájú) harmonikus jel U_{max} amplitúdó értékkel jelenhet meg az analóg áramköreinkben. A célunk az, hogy átlapolódásmentességet garantáljunk, viszont ez esetben ezt az U_{max} értéket olyan értékűre kell csillapítsuk, hogy az az A/D konverter ábrázolási tartománya „alá” essen, vagyis minimum LSB-nek megfelelő jelszintre. Ebből adódik, hogy az a_z – záró sávi csillapítás minimumértéke egyezzen meg, vagy legyen nagyobb, mint a számított dinamikartomány értéke. Mintapéldánk értelmében az $a_z=90$ dB lesz.

Az így definiált követelmény alapján megtervezhető egy analóg szűrő, de vélhetően ez igen magas fokszámú szűrővel lesz kielégíthető. A magas fokszámú analóg szűrők paraméter érzékenysége magas, gyárthatósága, behangolhatósága bonyolult és drága.

Célszerű tehát megvizsgálnunk, hogy milyen lehetőségünk van a fokszám csökkentésére.

A fenti követelmény definiálás „worst-case” esetre történt. Statisztikai elemzés esetén enyhíthetünk a zárósávi elvárásokon, de ekkor tisztában kell lennünk ennek lehetséges következményeivel, azzal, hogy a rendszerünkbe átlapolódást okozó komponens juthat.

Abban az esetben, ha ezt a kockázatot nem lehet (nem szabad) felvállalni, akkor a feladat nehézsége némiképp digitális oldalra „átoltható”. Kétszeres túlmintavételezés esetén, ami a végigvezetett példánkhoz illeszkedően a mintavételi frekvencia 88200Hz érték. Ekkor a Nyquist frekvencia 44100Hz lesz, vagyis a módosított $f_z=44,1$ kHz. Ez esetben az átmeneti sáv 24,1kHz.

Az így megnövelt átmeneti frekvenciasáv jelentősen fogja csökkenteni az átlapolódás gátló szűrő foksámát, ami így hatékonyabban megvalósítható lesz.

Természetesen ez nincs ingyen, mivel ez esetben gyorsabb működésre képes A/D konverter alkalmazása szükséges és az A/D kimeneten a PCM jelfolyam ugyan annyi idő alatt kétszer annyi adatmennyiséget állít elő.

Összegzés, konklúzió

A fentiekből láthatjuk, hogy az átlapolódás gátló szűrő követelményének megadása nem magától értetődő dolog, hanem az egyes rendszerparaméterek változtatásával a követelmény paraméterek is változnak.

A mérnöki munka során a paramétereket együttesen kell értelmeznünk és mérlegelnünk kell, hogy az egyes paramétereket milyen irányba toljuk el.

Hivatkozások

- [1] Wühl Tibor: DSP algoritmusok ÓE-KVK 2116 Budapest, 2014.
- [2] Maithil Pachchigar: Increase Dynamic Range of SAR ADCs Using Oversampling

Dr. Molnár György, Fodor Andrea: A digitalizáció hatása a korszerű szakmódszertani pedagógia gyakorlatra

Óbudai Egyetem, Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar

Absztrakt: Mindennapjaink elengedhetetlen eszközévé vált mára már a különböző digitális eszköz. Ad absurdum az okos mobil eszközeink, okos óráink már maximálisan kötnek minket a rendszereikhez. Kérdés, hogy az eszközök ilyen mértékű beépülése életünkben milyen mértékig lehet pozitív vagy éppen negatív hatású és minden esetben időben ismerjük fel azok hatását.

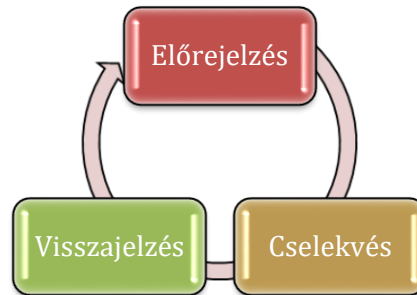
Bevezetés

Kutatásunk alapját csak egy részterületét érinti ennek az elképzelhetetlenül nagy területnek, amit a digitalizáció és ezzel kapcsolatosan akár a mesterséges intelligencia átölel. Folyamatban van vagy végbe ment – ezen az oktatási módszertanok paradigmaváltása, ami még az 1980-as években kezdődött? Mekkora a befolyása a munkaerő piacnak az oktatásra és lehet-e az új lehetőségekkel gyakorlatibb oktatást végezni. Vajon a konstruktivista oktatás egy újragondolt lehetőségével találkozunk? Ha rendre végig vesszük a XX. század végi eseményeket, illetve a XXI. század elejét napjainkig egy igen dinamikus korábbi látens igény igénnyé alakulását figyelhetjük meg az oktatás területén is. Triviálisan egyértelműen jelenik meg a kényszer, ami szükségszerűen átül a szakmódszertani oktatásra, bár bizonyos mértékig a későbbiekben bemutatásra kerülő elméletek és jogalkotások és eredmények szakmán belüli vitákat is elindíthat, de el kell fogadni, hogy a változás elindult és ehhez alkalmazkodni kell a szakmódszertanoknak is.

Konstruktívizmus újragondolva

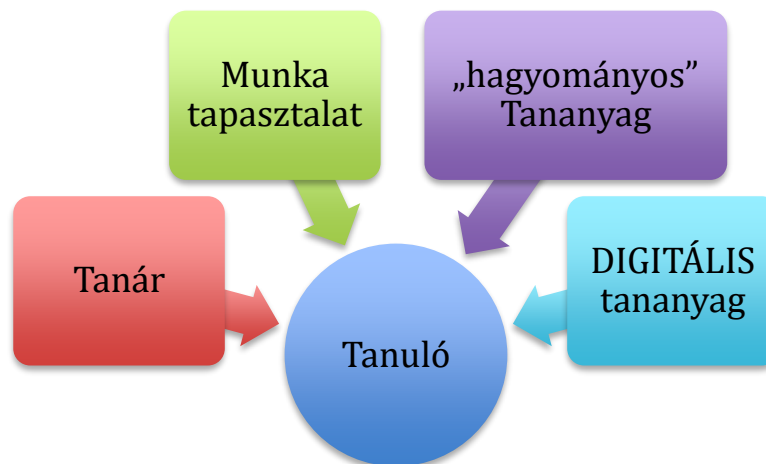
Konstruktívizmus visszatérése a XXI. századi pedagógiában egyértelmű következménye annak a változás sorozatnak, amely a digitális eszközök megjelenésével korunk elindított. Napjainkban a tanulóól elvárt, hogy gondolkodásában kreatív legyen, az elméleti tudást ültesse át saját gyakorlatában mintegy létrehozva a számára megértést (Nahalka) bizonyító akár szellemi akár gyakorlati vagy szakmai tanulmányok során fizikai produktumokban, az így létrejövő ismeretrendszer már részben lesz csak elméleti jellegű, amit tudásátadással teszünk meg egy tanár – diák kapcsolati rendszerben. Viszont felmerül a kérdés vajon ez a „tanulási – tanítási” szimbiózis, amivel oktató és oktatott kapcsolódik fixált szerepekkel van- e felruházva vagy adott esetben cserélődhet-e a szereplők között annak függvényében, hogy a gyakorlat alapú tudásszerzés milyen mértékben indít el egy „master mind” folyamatot, amiben mindkét fél tanul valamit ugyanazon területen. Nem feltétlenül jelent egy már mechanikusan berögzült folyamat újszerű egyben jó megoldás az adott szituációt egy idősebb korúra, mint egy fiatalra. Bár tény, hogy a korral a megismert és megtapasztalt eseményekből származó tudás jóval mélyebb és összefüggéseiben kombinált folyamat, de vajon nem lehet-e ebben az esetben is egy AHA élmény valami újszerű

megközelítés vagy akár megoldásmód. Vélhetően sok esetben induktív hatások lesznek megfigyelhetőek a fiatalabb generáció gondolkodásában ugyanakkor ez esetben cserébe kinyerhető egy egyszerűbb és logikusabb eredmény elérési út is, hiszen pont az, ami egy tapasztaltabb tudással bírót lelassít és elterel egy lehetőségről az legmegfelelőbb eredmény, produktum eléréséhez. Egyben ugyanezt a logikát figyelhetjük meg egyes egyszerű gépeknél továbbá a XXI. század digitális lehetőségeinél.



Az agy tapasztalat alpműködése egy már meglévő tapasztalati tanulása során
 Forrás: Nahalka 87 oldal, Saját szerkeztésű ábra

Izgalmas gondolat, hogy a kognitív folyamatok működése felgyorsítható-e vagy netán milyen módon befolyásolható a digitális eszközök hatására, tovább gondolva ezt a vezérfonalat vajon hol van az a pont, ahol a digitális eszközöknek be kell kapcsolódnia a pedagógiai tudásátadási-, gyakorlatias megerősítési-, számonkérési folyamatokba. Napjainkban a szakképzés és a felsőfokú oktatás egyaránt igyekszik kiaknázni az ebben rejlő lehetőségeket. A szakképzésben azokban a szakmacsoportokban, ahol már a munkavilágában is megjelenik a digitalizáció – szinte minden szakmában- ugyanúgy a tanulók megtapasztalhatják a technológia adta lehetőségeket ellenőrzött körülmények között. Ennek a megvalósulása már nem csak egy rendkívüli óra keretének kitöltését teszi lehetővé, hanem szakmai – vagy a szakmához szorosan kapcsolódó- tárgyak esetében készségszerű tudást nyújt.



A digitalizáció beépülése a tanulási folyamatba
 Forrás: Saját szerkeztésű ábra

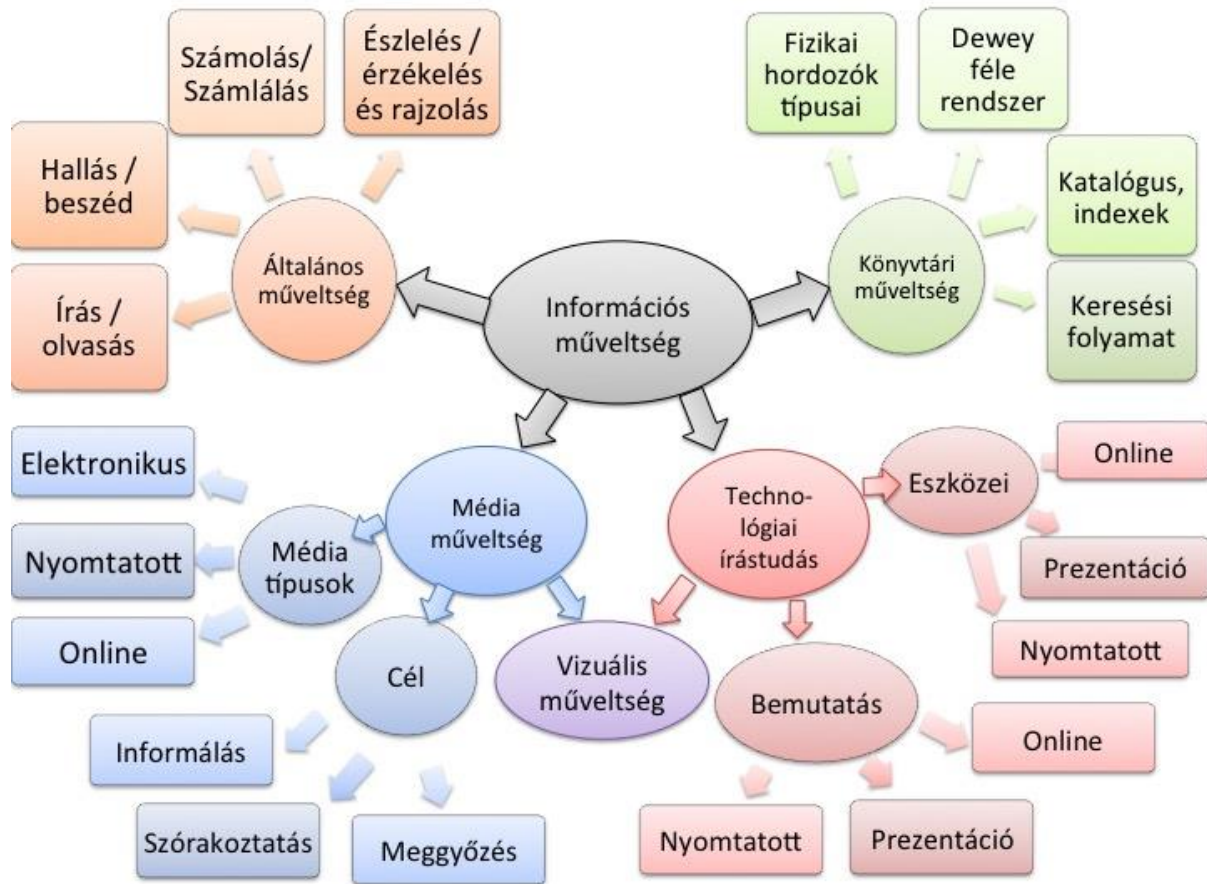
Ebben az új megváltozott világban a tanári szerep jelentősen átértékelődik egyben adott szituációban azonnal vált szükség szerint mentorál, vagy éppen tutori feladatokat lát el. vagy akár egy probléma megoldás során coach-ként áll helyt. A jogalkotó a szabályzóknak erre támaszkodva és a munkaerő piac igényeit szem előtt tartva a vizsga rendszerbe is szervesen beépíti, egyben alkalmazni rendeli el. Míg a felsőoktatásban az egyetemek java egyre jobb minőségű laborokkal és informatikai eszközökkel állít a hallgatók szolgálatába addig kérdés, hogy a tanári társadalom követi-e ezt az irányvonalat, pártolja vagy elutasítja. Mindazon által a digitális lehetőségeket kihasználó konstruktivista pedagógia egy új értelmezésbe helyezi a tudásmegszerzéséhez szükséges lehetőséget és dimenziót vált.

Az állandó digitalizáció

Hol mennyit és milyen módon használjuk eszközeinket? Mennyire „kúsztak be a mindennapjainkba? Társadalmunk elfogadott alkotó elemévé vált a digitális kiegészítő eszköztár teljes személyiségünk különböző nyilvántartásokban szerepel nem kevés redundanciával. Azonosítók, felhasználó kódok és jelszavak tömkelegét kell megjegyeznünk vagy adott esetben egy újabb automatizált applikációba rögzítenünk a biztonságos tárolás miatt. Ki ne hallott volna az okos óráról, telefonról, netán okos városról és ide hozhatjuk be az okos tanulási környezet is ahol az E-learning és M-learning már alapigény.

Munkánk során evvel egyszerre jelenik meg a gazdaságunkban is nagymértékben a 4. Ipari forradalom és míg ökológiai lábnyomukra figyelő multinacionális IT nagy vállalatok támogatják a felgyorsuló világunkat. Fogyasztási cikkek javát robotizált termelésben állítják elő köszönvén a mérnöki tudásnak. Gyógyszereink és orvostudományunk szép sikereket ér el szintén a folyamatosan megújuló egyre gyakorlatiasabb digitális technológiák által. Sorolhatnánk a végtelenségig a technológia adta fantasztikus lehetőségeket amivel még magánéletünkben is találkozunk, hisz sok fiatal alkalmazza az éppen „legdivatosabb” applikációt mind szórakozás, mind kapcsolattartás- , mind akár a tanulás terén.

De mindazonáltal értik-e, értjük-e mit csinál a „gép” vagy mi is csak egy digitális analfabéták vagyunk? Varga Katalin 2008-as tanulmányában egy igen tartalmas képet alkotott erről a területről és egyben különleges és egyedi kutatás lenne ezen gondolatmeneten végig menve felmérést végezni a különböző generációk körében, bár ennek kutatása egy igen jelentős több változós kutatás lehetne csak, aminek elvégzéséhez igazi következtetések levonásához reprezentatív minta lenne szükséges.



Forrás: Varga Katalin (2008): A 21. század műveltsége. Az információs műveltség fogalma az európai és az Európán kívüli kultúrákban. <http://mek.oszk.hu/06300/06355/html/index.htm>

Forrás: Varga Katalin (2008): A 21. század műveltsége. Az információs műveltség fogalma az európai és az Európán kívüli kultúrákban.

A digitalizáció veszélyei az oktatásban

Bár sok pozitív oldala van a digitalizációnak az oktatásban, de sajnos ez is mint sok esetben a sok fantasztikus találmány kétélű fegyver. Felmerül a kérdés, hogy etikailag a forráshivatkozások megfelelő alkalmazása mennyire érvényesül. Minden képző intézet kiemelten foglalkozik a plágium elkerülésével, illetve a megfelelő hivatkozási módszerek oktatásával. Ugyanide tartozik az is hogy a megfelelő forrásirodalmakat alkalmazni tudják a hallgatók. Számos intézet áll kapcsolatban többek között az Akadémia Kiadó által kiadott digitális könyvek esetében a MeRSZ.hu²-val.

- Digitális írástudatlanság (avagy használjuk vagy csak játszunk rajta?)

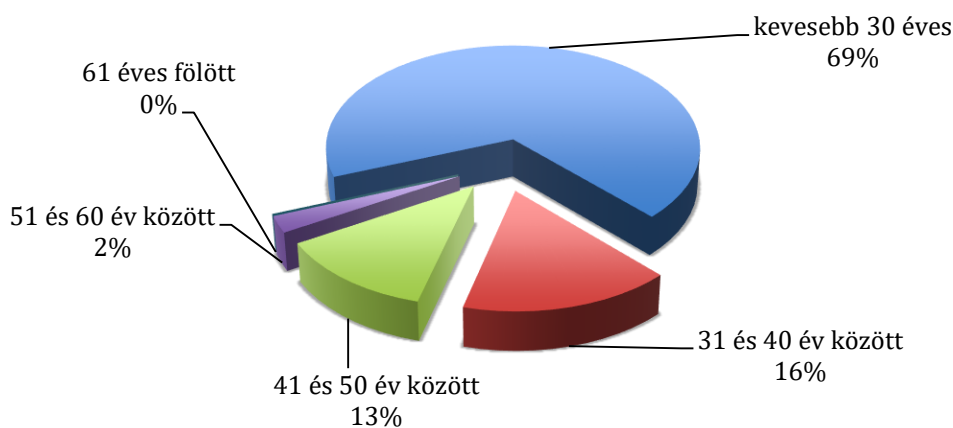
² MeRSZ.hu online felület <https://mersz.hu>

- Fake news
- Személyes adatok nem megfelelő kezelése
- Bulling

A kutatásról

A kutatás célja a felsőoktatásban tanuló hallgatók hozzáállását megvizsgálni a digitális eszközök és az IKT adta lehetőségekkel kapcsolatban. 2022. október elején digitális formában online kérdőívben indított hónapban 160 hallgató töltötte ki az online képzési forma és tudományágtól függetlenül.

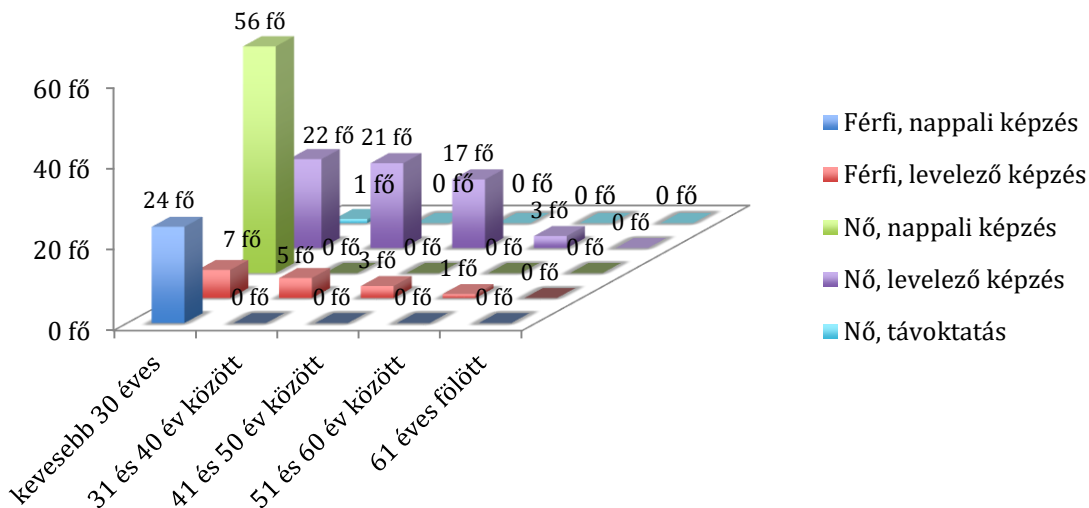
A válaszadók kor szerinti megoszlása (n=160 fő)



(Forrás: Saját forrású és készítésű ábra)

Jellemzően a 30 évesnél fiatalabbak (69%) közül került ki a legtöbb kitöltő, ezt követte a 31 és 40 évesek (16%) és a 41 és 50 év közöttiek (13%). Ami érdekes, hogy amellet, hogy bár levelező tagozatra járó hallgatók is részt vesznek a kutatásban, de nem volt 61 éves vagy afölötti kitöltő. Az alábbi ábra jól mutatja, hogy jellemzően a legfiatalabb korcsoportban is a nők töltötték ki többen, ez vélhetően a kapott eredményt is befolyásolni fogja mivel ez a korosztály a generációs elméletek alapján már digitális benszülöttnek számít.

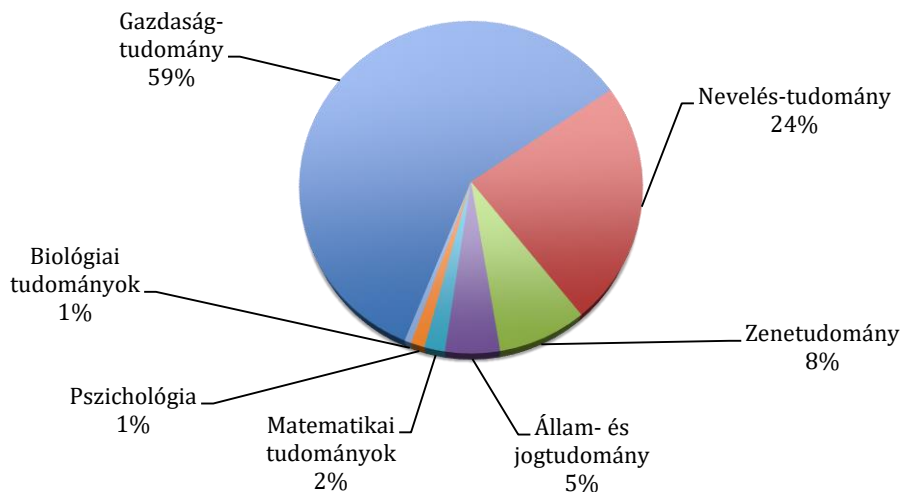
A kitöltők nem korcsoport és képzési típus megoszlása szerint
(n=160 fő)



(Forrás: Saját forrású és készítésű ábra)

Abban az esetben, ha az eddig válaszadók tudományágakhoz kapcsolódását figyeljük meg akkor jellemzően gazdaságtudományok és a neveléstudományi területek jelennek meg elsősorban, de megjelenik a Zenetudományok és az Állam – és Jogtudományok.

A válaszadók megoszlása tudomány területenként (n=160)



(Forrás: Saját forrású és készítésű ábra)

Digitális készségek önértékelése

Kérdés, hogy tekintve, hogy igen jellemző volt a válaszadók java 50 éves korosztályig képviseltette magát, milyen mérvű és szintű digitális ismerettel rendelkezik önbevallásos jelleggel. A kérdőívben egy 1-től 5-ig terjedő skálán osztályozhatták digitális ismereteiket a válaszadók.

Programok instalálásával kapcsolatos feladatokhoz kapcsolódó ismereteiket átlagosan 3,7-re, míg a válaszadók fele megközelítőleg 4-re értékelte tudását. Operációs rendszerismereteiket átlagosan 3,8-ra, a válaszok fele 5-re osztályozta tudását. A különböző beadandó feladatok, prezentációs feladatok elkészítéséhez elengedhetetlen szövegszerkező-, táblázatkezelő és prezentációkészítő programok ismerete. Míg a szövegkezelő (átlag: 3.85) és a prezentációs programok (átlag: 3,6) alkalmazása esetén a hallgatók fele 4-esnél jobbra értékelte tudását. Bár a táblázatkezelő programok lehetőségeinek teljes elsajátítása hosszú folyamat viszont annak felhasználó barát mivoltját bizonyítja, hogy ez esetben átlagosan 4,2 –re értékelték tudásukat a kitöltők.

Jellemző a tanulmányokhoz kapcsolódó digitális ismeretek önértékelése

		Digitális_ism_ Program_ instalálás	Digitális_ism_ OP_ rendszerek	Digitális_ism_ Szöveg- szerkeztők	Digitális_ism_ Táblázat- kezelő	Digitális_ism_ Prezentáció- készítő
N	Valid	158	158	158	158	157
	Missing	2	2	2	2	3
Mean		3,753	4,380	3,848	4,272	3,567
Median		4,000	5,000	4,000	5,000	4,000
Mode		5,0	5,0	5,0	5,0	4,0
Std. Deviation		1,1381	,8186	1,0836	,8790	1,1944
Variance		1,295	,670	1,174	,773	1,427
Percentiles	25	3,000	4,000	3,000	4,000	3,000
	50	4,000	5,000	4,000	5,000	4,000
	75	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000

(Forrás: Adatok elemzése SPSS program segítségével)

A tanulmányok elvégzéséhez további kiegészítő alkalmazások is szükségesek, mint a mára már hétköznapiak tűnő levelező programok, az Ügyfélkapus és egyéb E- ügyintézés, illetve az Online bankolás lehetősége. Az alábbi táblán megfigyelhető, hogy mindhárom említett témában igen jóra értékelték a válaszadók a tudásukat.

Jellemző a tanulást kiegészítő alkalmazások digitális ismeretei

	Digitális_ism_ Űrlapkészítő	Digitális_ism_ Levelező_ programok	Digitális_ism_ E_ügyintézés	Digitális_ism_ online_ banking
N Valid	158	158	157	157
Missing	2	2	3	3
Mean	4,399	3,937	4,172	3,637
Median	5,000	4,000	5,000	4,000
Mode	5,0	5,0	5,0	5,0
Std. Deviation	,8517	1,0866	1,0202	1,2203
Variance	,725	1,181	1,041	1,489
Percentiles				
25	4,000	3,000	4,000	3,000
50	5,000	4,000	5,000	4,000
75	5,000	5,000	5,000	5,000

(Forrás: Adatok elemzése SPSS program segítségével)

Ha ugyan ezeket a tudás kompetenciákat vizsgáljuk, immárom korcsoportra bontottan akkor már inkább egy igen érdekes kép rajzolódik ki, ami már inkább jobban kapcsolódik ahhoz, hogy jellemzően egy gyakorlati tanulás és tapasztalás során alakul ki ezeknek a digitális kompetenciáknak a megfelelő készsége. Megjelenik, hogy nem a digitális bensülött korcsoport, hanem hogy a digitális bevándorló korosztályok közül a legfiatalabbak rendelkeznek nagyobb tudással.

Digitális programhasználati kompetenciák önértékelése nemenként és korcsoportonként

		Programok installálása	Operációs rendszer beállítás	Szövegszerkeztő programkezelés	Táblázatkezelő programkezelés	Prezentáció készítő alkalmazások	Űrlapkészítő programok	Levelező rendszerek alkalmazása	Digitális ügyintézés	Online Banki program alkalmazása	Felhő alapú programok alkalmazása
Férfi	kevesebb 30 éves	3,81	4,03	4,13	3,55	4,03	3,39	4,06	3,61	4,03	3,52
	31 és 40 év között	4,40	4,40	4,40	4,60	4,40	3,80	4,20	4,20	4,40	4,60
	41 és 50 év között	5,00	5,00	5,00	4,67	5,00	4,00	5,00	4,33	4,67	5,00
	51 és 60 év között	4,00	4,00	4,00	4,00	3,00	4,00	5,00	5,00	5,00	3,00
Nő	kevesebb 30 éves	3,19	3,48	4,48	3,84	4,44	3,61	4,43	3,78	3,96	3,57
	31 és 40 év között	3,62	3,76	4,29	4,00	4,14	3,29	4,48	4,19	4,52	3,57

41 és 50 év között	3,71	4,12	4,41	4,00	4,12	3,94	4,65	4,59	4,65	3,76
51 és 60 év között	2,33	3,33	4,33	3,00	3,67	3,33	4,67	4,67	4,67	3,67

(Forrás: Saját forrású és készítésű táblázat)

A mobil tanulás igénye

Sokszor lehet hallani a felsőoktatás során a hallgatóktól, hogy az őket tanító pedagógusok digitális előadás anyagaiból készülnek a mindennapi ingázásuk közben. A kutatás beérkezett adatai alapján megfigyelhető, hogy jelentős mértékben használnak a hallgatók mobileszközöket.

A nemek szerinti mobileszközökön való tanulás

Nem * Kozlekedes_kozbeni_tanulas Crosstabulation

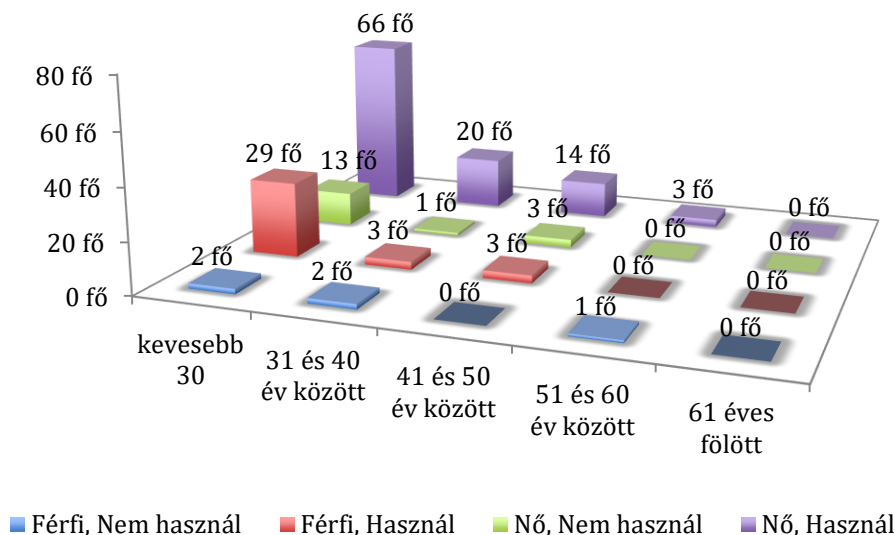
Count

		Kozlekedes_kozbeni_tanulas		Total
		Igen	Nem	
Nem	Férfi	35	5	40
	Nő	103	17	120
Total		138	22	160

(Forrás: Adatok elemzése SPSS program segítségével)

Megfigyelhető, hogy mindkét nem esetében igenis jogos az állítás miszerint van létjogosultsága a mobileszközökön tárolható tananyagoknak. Mindazonáltal felmerül a kérdés, hogy vajon köthető-e korcsoporthoz ez a szokás és gyakorlat. A beérkezett válaszok esetében a harminc évnél fiatalabb hallgatók használják ezt a tanulási módszert leginkább. Érdekes megfigyelni, hogy a 31 és 40 éves illetve a 41 és 50 éves kor közötti női válaszadók is igen jelentős mértékben alkalmazzák ezt a módszert ismereteik bővítéséhez.

Utazás közbeni tanuláshoz használt digitális eszköz használat az egyes korcsoportokban
(n=160 fő)



(Forrás: Saját forrású és készítésű ábra)

Eszközfüggés

A jelenlegi tanári társadalom jelentős problémája, hogy a hallgatók eszköz függők, de vajon mennyire érzik ezt így a megkérdezettek. Az általános helyzetmutatók alapján egy 10 fokozatú skálán önbevallásos jelleggel kapott adatok alapján átlagosan 7,3-ra értékelhető, míg a kitöltők fele 8-as érték felettre értékelte függőségét a digitális eszközöktől.

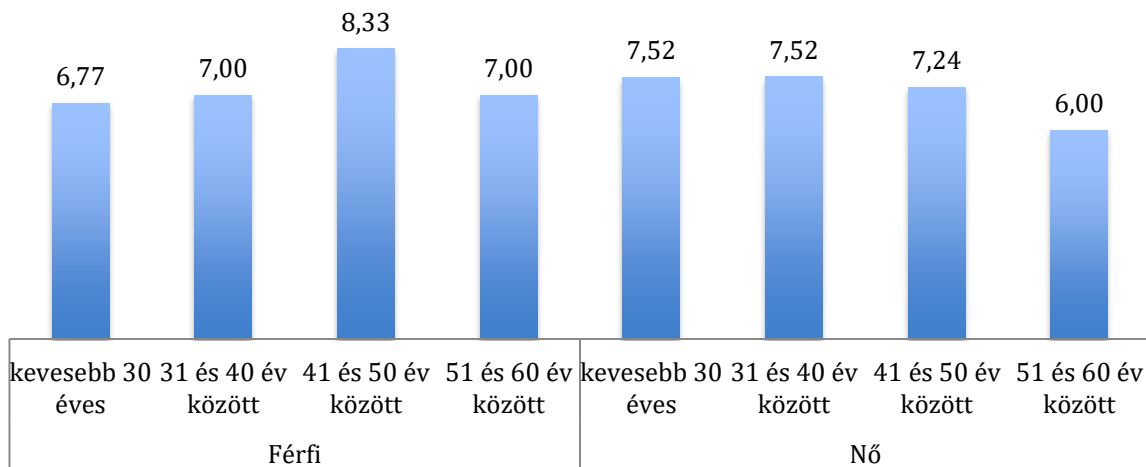
A digitális eszközfüggőség (n=160 fő)

N	Valid	160
	Missing	0
Mean		7,313
Median		8,000
Mode		8,0
Percentiles	25	6,000
	50	8,000
	75	9,000

(Forrás: Adatok elemzése SPSS program segítségével)

Ebben az esetben is tesztelésre került a nemenkénti és korosztályok szerinti eszközfüggőség, ami ismét nagyon különleges eredményt mutat. Míg a női válaszadók közül majd hogyanem a korosztályok között átlagosan egyezőséget lehet megfigyelni a függőségben addig a férfiak esetében viszont már inkább a 31 év fölöttiek nyilatkoztak úgy, hogy jelentősen függnek digitális készüléküktől.

Az egyes nemenkénti és korosztályonkénti átlagos függőség a digitalizácótól (n= 160 fő)



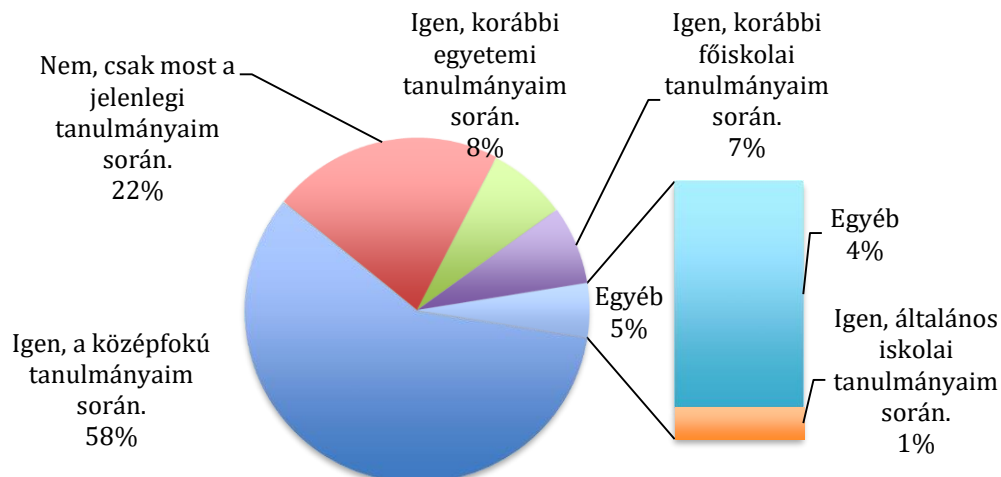
(Forrás: Saját forrású és készítésű táblázat)

A kapott válaszok alapján egyértelműen kimondható az az egyébként cáfolhatatlanul evidens tény, hogy a napjaink embere csak nagyon kevés kivétel mellett jenetősen függ a digitális eszközöktől.

Tanulás és a digitális eszköz kapcsolata

Tekintve az digitális eszközök jelentős térhódítását az életünkben jogossan merül fel a kérdés, hogy a hallgatók már megszerzett digitális eszköz használattal érkeznek-e a felsőfokú tanulmányaikhoz. Nos ebben a kérdésben jelentősen más tapasztalati élmény jelenik meg a gyakorlatban a különböző a főiskolai esszék és prezentációs feladatoknál. A válaszadók java mintegy 58%-ban mondta azt hogy már középiskolai tanulmányai idejében sajátította el digitális ismereteit míg 22% ennek szöges ellentétéképen csak az éppen folyamatban lévő tanulmányaival ismerte meg a feladatai elvégzéséhez szükséges digitális tudását.

Honnan hozza a digitális ismereteit jellemzően a hallgató



(Forrás: Saját forrású és készítésű ábra)

A kérdőív készítésekor erre a tudásra kérdező kérdésnél lehetőség volt további alternatívát is felsorolni a válaszadónak a megajánlotton kívül így pár rendkívül érdekes unikális válasz is érkezett.

Válaszadó 1:

„Tanfolyami keretek között.”

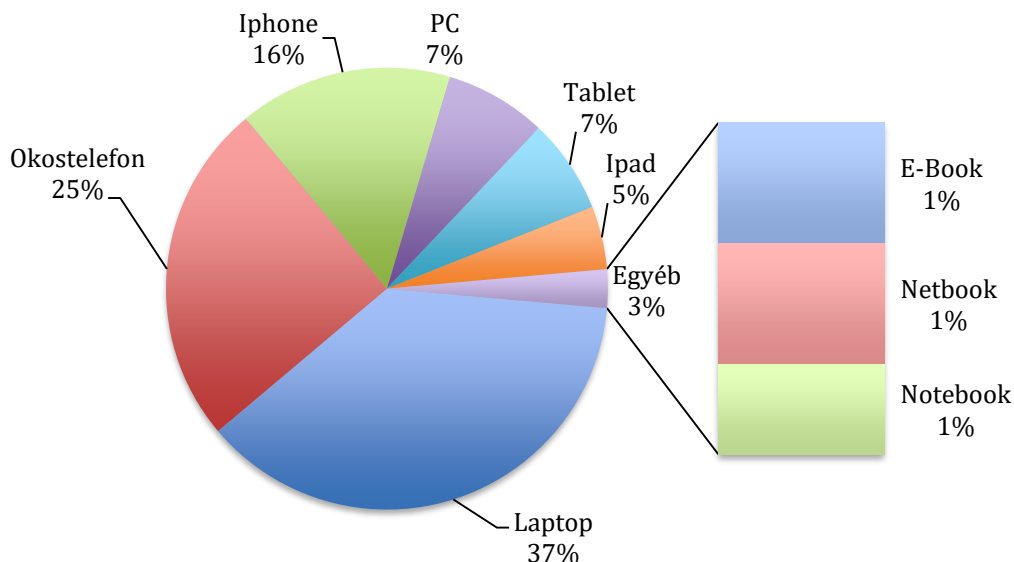
Válaszadó 2:

„Az általános informatika órákat az egyetemen és a középiskolában nem nevezném annak mert sajnos ma már a 15 évesek többet tudnak bizonyos dolgokról mint mi vagy a tanáraink”

Bár a második vélemény igen kritikusan áll a pedagógusok tudásához, viszont arra kiválóan rámutat, hogy a fiatal digitális benszülött korosztály már egyes területeken már jobbak, de élnék a vélelmezés jogával, hogy ez az igen karcos vélemény nem nevezhető általános jelenségnek. Viszont az exact kijelenthető, hogy a fiatalok digitális eszközhasználók tudása egyes esetekben jobban működnek. Viszont fennmarad a kérdés, hogy tudatosan használják, vagy csak tapasztalati úton tanult esetleg alternatív megoldásokat tudnak.

További érdekes képet mutat a tanulásra használt digitális eszköztípusok megoszlása. számítógép jellegű eszközök vannak döntően használva, ha minden ilyen kategória alá emelhető eszköz figyelünk akkor 46% ban, a telefon jellegű eszközök esetében 41 %, míg egy telefonnál nagyobb, de a számítógépeknél kisebb digitális eszközöket a táblagépek esetében összesen 13%-ben jelenik meg. Az egyes így alkotott kategóriákat felbontva viszont leginkább a laptopok (37%), az okostelefonok (25%) illetve az iPhone-ok (16%) jelennek meg.

Tanulásra használt digitális eszközök



(Forrás: Saját forrású és készítésű ábra)

Kérdés, hogy a fent nevezett eszközöket milyen mértékig használjuk tanulási célra-, és átlagosan egy nap. A válaszadó hallgatók szorgalmi időszakban átlagosan 3 órát (2,631 óra) vizsgaidőszakban átlagosan 4,2 órát, illetve átlagosan általános célra további 3 órát szánnak. Ha a viszont a tipikusan eltöltött időt nézzük akkor rendre a szorgalmi időszakra 1 órát, a vizsgaidőszaki alkalmazásra 4 órát és általános alkalmazásra további 1 órát használta általánosan. Bár az alábbi táblázatban látható, hogy a válaszadók széles terjedelemben válaszoltak.

Eszközhasználat a tanulmányok alatt

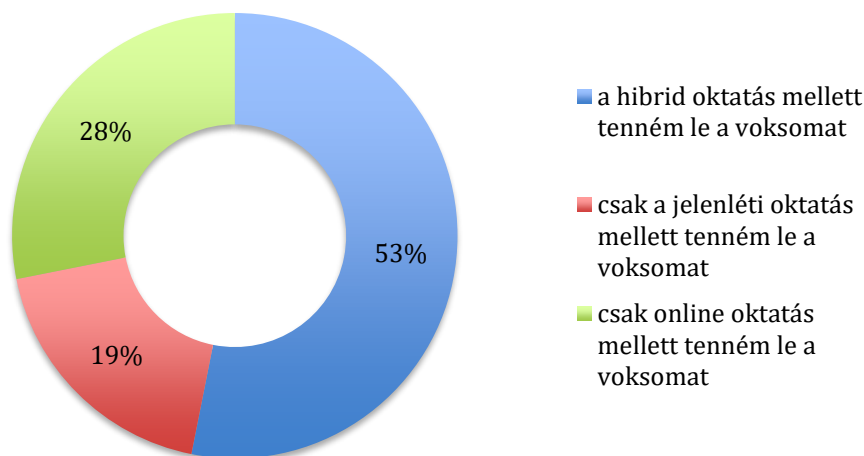
		Szorgalmi Időszak alatti átlagos eszköz használat naponta	Vizsga időszak alatti átlagos eszköz használat naponta	Naponta átlagos eszköz használat
N	Valid	160	160	160
	Missing	0	0	0
	Mean	2,631	4,231	2,719
	Median	2,000	4,000	2,000
	Mode	1,0	4,0	1,0
	Std. Deviation	2,2336	2,5482	2,0255
	Variance	4,989	6,493	4,103
	Minimum	1,0	1,0	1,0
	Maximum	16,0	18,0	12,0
	Sum	421,0	677,0	435,0
Percentiles	25	1,000	3,000	1,000
	50	2,000	4,000	2,000
	75	3,000	5,000	4,000

(Forrás: Adatok elemzése SPSS program segítségével)

Napjaink oktatási variációi és a hallgatók véleménye

A 2020-ban válságkezelési megoldásként előtérbe került online oktatás gyors ütemű és jelentős változást hozott az akkor jól működő jelenléti oktatásba. A COVID -19 vírusba való megbetegedés csökkentése érdekében az otthonmaradó hallgatók zökkenő mentes képzésének megvalósítása a nemzetközi szinten jelentős kihívást jelentet, ami természetesen hazánkban is az oktatás minden képzési szintjén is a sekunder megoldásokat hívott életre egyben több irányban is alternatív megoldásokat követelt meg az oktatási folyamatok minden szereplőjétől. Bár jellemzően az informatikai és telekommunikációs vállalatok gyorsan felismerték a szinte „ingyen“ kapott lehetőséget az élettől arra hogy termékeiket részben vagy teljesen ingyenes hozzáféréssel a piac számára bevezessék. Ebben a folyamatban a kormányzati támogatás mellett jelentős komplex programcsomagok váltak elérhetővé az iskolák számára az alap-, közép- és felsőoktatásban is. A vészhelyzeti intézkedéseket követően az oktatás korábbi változásainak felgyorsulása már visszafordíthatatlan eseménysorozatot indított el. A hallgatók oldaláról a válaszokat tekintve is a vélemény is jelentős.

Preferált oktatási terek



(Forrás: Saját forrású és készítésű ábra)

A visszaérkezett válaszok alapján a legjelentősebb oktatási tér lehetőségében a hibrid megoldás erre a válaszadók 53% -a voksolna, ha élhetne ilyen lehetőséggel, de igen jelentős az egyértelműen online oktatást választók aránya is (28%), mintazon által természetesen maradt egy olyan hallgatói attitűdű réteg is akik határozottan ragaszkodnak a jelenléti oktatáshoz (19%). A gondolatmenetet továbbgondolva fontos megvizsgálni, hogy az egyes oktatási formáknál milyen tananyag a preferált. A következő ábrán a válaszokból egy hat fokozatú skálán (1- mint legkevésbé preferált,

6- maximálisan preferált) mért osztályzással akothatott véleményt az oktatási formához opcionálisan kapcsolható oktatási tananyag lehetőségekkel kapcsolatban.

Oktatási forma és tananyag típus átlagos preferenciája nem és korcsoportonkénti bontásban

		Jelenléti oktatás			Távolléti oktatás (online oktatás)			Hibrid oktatási forma		
		csak könyvből	Könyvből és online	digitalizált tananyagokkal	csak könyvből	Könyvből és online	digitalizált tananyagokkal	csak könyvből	Könyvből és online	digitalizált tananyagokkal
Férfi	kevesebb 30	3,06	4,16	4,06	2,65	3,61	3,65	2,77	3,42	3,81
	31 és 40 év között	2,60	4,20	4,20	2,80	4,20	4,00	2,40	4,20	3,80
	41 és 50 év között	2,67	4,00	4,33	1,67	4,00	5,00	2,67	4,33	4,33
	51 és 60 év között	4,00	5,00	5,00	3,00	6,00	5,00	4,00	6,00	4,00
Nő	kevesebb 30	2,97	4,44	3,84	2,39	4,06	3,95	2,87	4,04	3,86
	31 és 40 év között	3,10	4,00	4,67	3,29	4,48	4,62	2,95	4,19	4,29
	41 és 50 év között	3,24	5,24	4,00	3,12	4,71	4,06	2,71	4,53	3,71
	51 és 60 év között	3,33	5,33	4,33	2,33	4,67	5,00	2,33	4,33	4,00

(Forrás: Saját forrású és készítésű tábla)

Vélemények a digitális- és okos eszközök tanulást segítő alkalmazásáról az oktatásban

A kérdőívben lehetőségük volt a hallgatóknak manifesztálódni az őket körülvevő oktatási Paradigma váltás véleményezni. A kérdőívben a kitöltők megközelítőleg fele (közel 80 esetben) adott a kérdésre válasz, ami jellemzően pozitív volt, mindamelllett, hogy egy pár esetben negatív vélemény is érkezett. Ami egyértelműen kirajzolódik az, hogy már a hallgatók nagyon nyitottak és várják a változást. A válaszok nagyrészt jelzik, hogy véleményük szerint pozitív érzést és tartalom dús kedvű tanulást biztosít.

7.-dik válaszadó:

„Modern és a mai világban abszolút szükség van rá. Ezzel a módszerrel szerintem jobban leköthetők a mai generáció diákjai. “

9.-dik válaszadó:

„Kihaszínatlanok, pedig nagyon sok potenciált látok bennük. “

20. –dik válaszadó:

„Sok hasznos applikáció van ma már mely rengeteg segítséget nyújt a tanulásban, melyekkel könnyebb számomra a tanulás.”

24.- dik válaszadó:

„Jó lenne, ha szélesebb körben alkalmaznák, de szerintem először az oktatóknak kellene megtanulniuk kezelni ezeket. Az a tapasztalatom, hogy szinte egyáltalán nem megy nekik a digitális eszközök használata. Ha még igen, akkor az intézmény eszközei nagyon elavultak.”

25.-dik válaszadó:

„Felgyorsítják a keresési tevékenységet, időt spórolnak meg. Nagyobb területről válik lehetőség információt szerezni. “

40.-dik válaszadó:

„A tanulást segítő programok hasznosak pl.: a nyelvtanulást segítő programok, ilyet használok én is. A digitális eszközök használatát egy mértékig díjazom csak, de én személy szerint könyvből és amit én írok le a füzetbe, úgy jobban szeretek tanulni, nem mellesleg a sok digitális eszköz használat látás károsodást okoz hosszú távon.”

60.-dik válaszadó:

„Cool stuff. Minél kisebb a gyerek, annál kevésbé alkalmaznám, de egyetemistáknak szerintem nagyon hasznos. Megszoktuk már, hogy minden digitális, otthonosan mozgunk benne. “

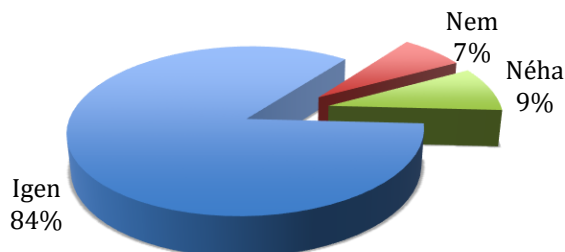
65.-dik válaszadó:

„Véleményem szerint hasznosak, különösebb a fiatalabb generációk számára, mert közelebb viszi hozzájuk a tanulást, valamint élményalapúvá tételével segítenek a tanulás megszeretésében.”

Az élményalapú oktatás és a gyakorlatias piaci igényhez igazodó oktatásra való nyitottság megjelenése a hallgatók oldaláról

Tekintve, hogy a hallgatók véleménye jellemzően rendkívül pozitív volt a digitális alkalmazások és programok kapcsán, illetve, hogy a Covid – 19 járvány egy kaput nyitott egy már korábban is rendelkezésre álló új didaktikai eszközökhöz. A válaszokból megfigyelhető, hogy a válaszadókat oktató felsőoktatási oktatók már jellemzően 83%-a alkalmazza digitalizáció eszközeit ismeret közvetítésre. Bár a kérdőív nem tért ki arra, hogy melyik alkalmazást használták, de vélelmezhető, hogy azok a programok vannak előnybe részesítve, amelyek az online (távolléti) oktatás során is alkalmazva volt. Mind azonálal elenyésző mértékben, de megjelenik a másik két kategória is azok az esetek amikor nincs alkalmazva (7%) vagy csak néha (9%) jelennek meg a modern digitális eszközök.

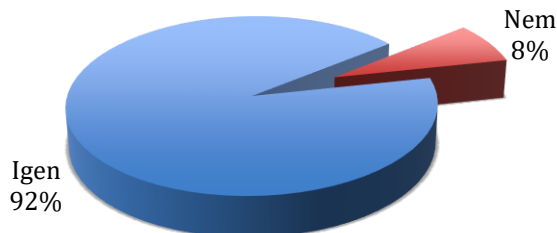
A pedagógusok által digitális vagy webes alkalmazások, használatok megjelenése ismeret közvetítéshez (n= 160)



(Forrás: Saját forrású és készítésű ábra)

Másik érdekes megközelítésnek mondható, hogy hamar a válaszadó hallgatók nagy részénél a pedagógusok alkalmaztak tanulás közvetítési célból digitális programokat akkor vajon alkalmazták-e korunk egyik újra felfedezett módszerének a kognitív pedagógiának az egyik jól használható lehetőségét a gamifikációt. Mint azt a lenti ábra is mutatja, hogy a hallgatók jelentős mértékben 68% -ban fogadná pozitívan, ha élménypedagógiai eszközöket alkalmaznának, illetve ezzel ellentétbe mintegy 31%-ban viszont 31%-ban nem szeretnék hallgatók oktatóik ilyen az előadásokat, konzultációkat vagy esetleg gyakorlatot vagy szemináriumot színesítő eszközöket.

Szeretné –e tanárai digitális alkalmazásokat használni a élménypedagógiai célból?

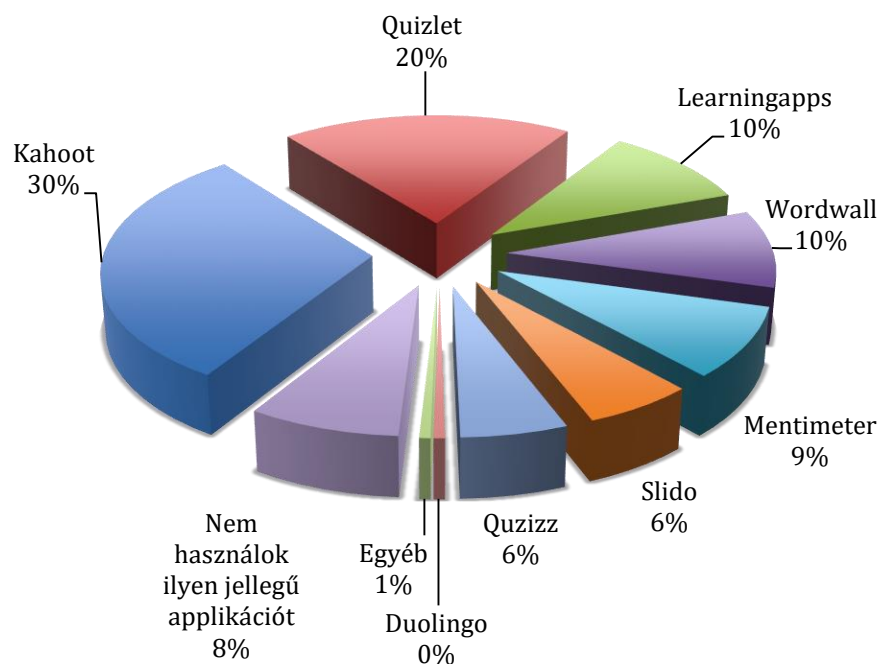


(Forrás: Saját forrású és készítésű ábra)

Tekintsük át, hogy a válaszadók eddigi tanulmányaik során mely alkalmazásokat használta eddig. A leginkább ismert program a Kahoot, ami 30% arányban van jelen, ezt követi a Quizlet 20% -os

ismertséggel hasonló játékos teszt feladatot alkalmazó programok, mint például a Learningapps (10%), Wordwall (10%), a Mentimeter (9%), és a Quizizz (6%) elmarad ettől az ismertségtől.

Melyik tanulástámogató játékos applikációt használta már tanulmányai során?



(Forrás: Saját forrású és készítésű ábra)

Összegzés

Tanulmányunkban bemutattuk egyes szakmák példáján keresztül a munkaerő piac igényét követően a digitális eszközbevonási lehetőségeket a szakképzés bázisán. Ezen belül fókuszáltunk a szakképzés számonkérési folyamataira (ágazati vizsga, illetve szakmai vizsga) amelyek megvalósulása már alapjaiban igényli a tanulók digitális készségeinek erősítését egyben mentorálását. A Szakképzést követően a felsőoktatás is számos szakmacsoportnál igényli a digitális kompetencia elvárásokat, amelyek egyaránt magasszintű digitális képességeket igényelnek a szakmai tárgyakat tanító pedagógustársadalomtól is. Ezt követően izgalmas kérdésként merül fel a digitális oktatás ötvözése az élménypedagógia nyújtotta lehetőség és az új típusú immár a digitális eszközöket is felhasználó tananyagfejlesztés (Antal & Forgó, 2013) amely lehetővé teszi egy új modernebb nemzetközi szintű 21. századi oktatást. Mindezt egy kvantitatív alapú empirikus kutatással is felmértünk a felsőoktatásban tanuló hallgatók körében, amely eredményei egyértelműen rámutattak a megkérdezettek nyitottságára a digitális világ és eszközrendszer megismerése kapcsán.

Források:

Szűts, Z. (2020). A digitális pedagógia jelenségei és megnyilvánulási formái. *Pedagógiai Szemle*, 2020 (5-6. szám), pp. 15-38.

Antal, P., & Forgó, S. (2013). *A pedagógus mesterség IKT alapjai*. Eger: Líceum Kiadó.

Benedek, A. (2007). Digitális pedagógia, mobil tanulás és új tudás. *Szakképzési Szemle*, 2007. (1 szám), pp. 7-19.

Kubinger-Pillmann, J. (2011). Digitális pedagógiai módszer- és eszköztár alkalmazása a felsőoktatásban. *Iskolakultúra*, 21. év (12. szám), pp. 48-59.

Molnár, G. (2019). Okoseszközök, okos tanulási környezet hatása a tanítás-tanulás folyamatára és az „okos generációkra” a digitális korban. Retrieved 2019, from <http://real.mtak.hu>: http://real.mtak.hu/114856/1/ConfSubotica2019_MGY.pdf

Kumar Basak. S, Wotto M, és Bélanger.P: (2018) E-learning, M-learning and D-learning: Conceptual definition and comparative analysis <https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/2042753018785180>

Baróti, E.; Mészáros A. (2011) : Módszertani diverzitások megjelenése a műszaki felsőoktatásban In.: Hegedűs Judit. *Közoktatás, pedagógusképzés, neveléstudomány – a múlt értékei és a jövő kihívásai: XI. Országos Neveléstudományi Konferencia, program és összefoglalók.* (2011) ISBN:9789636933807

Varga Katalin (2008): *A 21. század műveltsége. Az információs műveltség fogalma az európai és az Európán kívüli kultúrákban.*

Nahalka István(2002): *Hogyan alakul ki a tudás a gyerekekben? Konstruktívizmus és Pedagógia Nemzeti tankönyvkiadó*

Karl Éva, Molnár György: IKT-val támogatott STEM készségek fejlesztésének lehetőségei a tanulók körében

¹Széchenyi Egyetem Multidiszciplináris Doktori Iskola, Egyetem tér 1., 9026 Győr, Hungary, karl.eva@mikrobisuli.hu

²Óbudai Egyetem, Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar, Tavaszmező utca 17., 1084 Budapest, Hungary, molnar.gyorgy@uni-obuda.hu

Absztrakt: Felgyorsult világunkban a digitalizációs folyamatok térnyerése mellett is mindinkább létfontosságúvá válik a munkaerőpiaci és digitális kompetenciák megfelelő kialakítása és fejlesztése. Felmerül többek között a következő fontos kérdéskör: Mit és hogyan tehet az oktatási intézmény és a pedagógus annak érdekében, hogy az aktuális munkaerőpiaci követelményeknek megfelelő tudást, kompetenciát kínáljon és adjon a felnövekvő generációk számára? Napjainkban a STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) mozaikszó egyre többször előkerül a tanítási-tanulási folyamat kapcsán, hiszen - ahogy egyre inkább tapasztalható - a STEM készségek jelenleg varázsszóként funkcionálnak a munkaerőpiacon. A STEM egy igen komplex képesség, aminek kialakulása, elmélyítése, automatizálása évek hosszú munkájának eredménye [1]. Munkánkban a megfelelő, elérhető releváns szakirodalmi háttérre alapozva, bemutatjuk a leggyakoribb STEM modelleket, ezek gyakorlatát, jelentőségét. Kutatásainkban feltárjuk a STEM készségek és kompetenciák főbb területeit, jellemzőit, és fejlesztési lehetőségeit. Feltételezésünk szerint az algoritmikus gondolkodás elsajátítása és alkalmazása összefüggésben áll a tanulók STEM készségeinek fejlődésével. Hipotézisünk alátámasztására egy pilot, kvantitatív alapú vizsgálatot tervezünk 12-15 éves diákok körében. Az kapott eredmények hozzájárulhatnak a diákok kulcsfontosságú készségeinek fejlesztéséhez.

Kulcsszavak: digitalizáció; munkaerőpiac; digitális kompetenciák; oktatási intézmény feladata; pedagógus kompetenciák; versenyképes tudás; STEM; algoritmikus gondolkodás, felnövekvő generáció;

1. Bevezető

Tegyük fel a kérdést, vajon mit várunk el elsősorban egy oktatási intézménytől? Valószínűleg ez a válasz fogalmazódik meg bennünk: egy iskola legyen képes a tanulókat felkészíteni a felnőtt életre, a munkaerőpiacon való majdani sikeres boldogulásra, tegye pedig mindezt úgy, hogy minimum megfelelő szinten tartva az oktatás-nevelés folyamatát figyelembe veszi a környező világ változásait, az aktuális gazdasági és politikai helyzetet, továbbá minden más egyéb körülményt, amelyekre azonnal és megfelelőképpen reagál. Mindez persze egyáltalán nem egyszerű, de nem teljesen lehetetlen!

A folyamatosan változó társadalmi-gazdasági környezet, a digitalizációs folyamatok szinte megjósolhatatlan irányba haladnak, nehéz tehát akárcsak megbecsülni is, hogy a jelenlegi fiatalok sikeres, eredményes életéhez mire lesz majd szükség 30, vagy akár 5 év múlva! A legtöbb, amit az oktatási rendszer megtehet – és amit meg is tett már -, hogy megfogalmazta az egész életen át tartó tanulás – Lifelong Learning – alapelvét, amelyet mindenek felett elsődleges célként tart szem előtt! A társadalmi változások, a folyamatosan fejlődő technológia a konvencionális élettérbe betörve alakítja át a társadalom szerkezetét, a munka világát, befolyásolja környezetünket, életmódunkat, kultúránkat. Nyilvánvalóan nem minden életterületen ugyanolyan mértékű és jellegű a változás, az oktatás világát tekintve azonban kijelenthetjük, hogy a fellépő gyors változások, technológiai fejlődési folyamatok szinte fordított helyzetbe kényszerítik a képzési

rendszer, hisz olyan pedagógusok részvételét várják el, akik lépést tartva a világgal ők maguk is tanulóvá válnak, legfőképp azt tanulmányozva, hogy az információs társadalom és technológiai változások miként tudják támogatni, aktuálissá, „életszagúvá” vagy akár csak jobbá tenni az intézményen belüli és kívüli nevelési és oktatási folyamatokat. Kijelenthetjük, hogy a mai világban nincs olyan pedagógus, aki ne nézett volna már szembe ezzel a helyzettel!

A pedagógus társadalom átlagéletkora permanensen nő, tehát az információs társadalom iskolájában jelenleg dolgozó tanárok, tanítók többsége nagy valószínűséggel úgynevezett „digitális bevándorló”. Életkorukból adódóan a folyamatosan piacra kerülő legújabb technológiák kevésbé jellemzik hétköznapi környezetüket, ezért a digitális eszközök használatával kapcsolatos tudásuk eltérő szinten és csupán részterületekre terjedhet ki. Számukra a mindennapi küzdelem része legyőzni ezt az ellentmondást - szemben a hétköznapi életterükkel -, a munkahelyük egészen más megközelítésben és mértékben használja fel a korszerű technológiákat. A pedagógusok társadalmi alrendszere a kialakult helyzetre, a jelenkor által támasztott követelményekre különbözőképpen reagál, egy részük „digitális telepesként” megértette a helyzet jelentőségét és folyamatos tanulással, továbbképzéssel próbál megfelelni az elvárásoknak. Ezzel szemben az ún. „digitális nomádok” nem hajlandóak tudomást venni a megváltozott világról. Nem lépnek ki a komfortzónájukból, mereven ragaszkodnak az általuk jól ismert – bár elavult - rendszerhez. Az ő válaszüzenetük az, hogy egészen egyszerűen „magukra csukják az osztályterem ajtaját”, ahol egyszemélyes főnökként mindent kizárólag ők szabályoznak, felségterületükön az oktatás a környezet számára láthatatlan marad. A „digitális kalandorok” a pedagógusok azon csoportja, akik az aktuális technikai változásoktól függetlenül mindig nyitottak és innovatívak, míg a „digitális felfedezők” a korszerű technika oktatási felhasználásának szüntelen lehetőségeit keresik [3].

Nemcsak a pedagógusoknak, a tanulóknak és szülőknek is képesnek kell lennie megbirkózni a jelenleg is zajló folyamatos változással. Az élethosszig tartó tanulás a versenyképesség, a fennmaradás záloga, amely akkor valósulhat meg, ha az egyén a speciális szakmai képességeken túl olyan általános készségeket – kompetenciákat – is birtokol, amelyek nem köthetőek egy adott tudományághoz, azonban széleskörűen alkalmazhatóak. A megoldást azok a kulcskompetenciák, STEM készségek nyújtják, amelyek az egyes tantárgyaktól függetlenek, átvihetők különböző területekre, és azokban eredményesen alkalmazhatók. A digitális kompetencia egy olyan transzverzális kompetencia, amely nélkülözhetetlen a napjaink társadalmi és gazdasági életében való részvételhez. Fejlesztése éppen ezért kiemelt fontosságú a társadalom minden tagja, de különösen a munkaerőpiacon jelen levő, illetve az oda kilépni kívánó leendő potenciális munkaerő számára [4].

2. Pedagógusszerepek a tanulási folyamatokban

Vizsgáljuk meg, mi történik az agyunkban amikor tanulunk. A tanulás közben az adott információt agyunk kódolja, és tárolja a saját memóriájában, ahonnan később tetszés szerint képes azt előhívni és felhasználni. A folyamat során az új információ az agyi idegpályán keresztül jut be, a másodperc töredékéig az érzékszervi regiszterben marad, majd a tanulás során vagy átkerül az úgynevezett „munkamemóriába”, vagy elveszik. Abban az esetben, ha átkerült a munkamemóriába, az információ feldolgozásra kerül. Ezután vagy eltárolódik a hosszú távú memóriában, vagy végleg elveszik. A kérdés az, hogy mennyi annak az esélye, hogy egy új input bekerül a hosszú távú memóriába? Nos, a válasz az, hogy rendkívül változó! Nyilvánvalóan nagyban függ magától az információtól! Gondoljunk bele, ha például egy az életünket fenyegető veszélyről lenne szó, érthető, hogy annak minden másnál magasabb lesz a prioritása. Sousa a főiskolai oktatás kapcsán

azt a megállapítást tette, hogy a tanulók számára legvalószínűbben azok az információk maradnak meg hosszú távon, amelyek

- erős érzelmi asszociációkkal bírnak;
- kapcsolatban állnak érdeklődési körükkel, céljaikkal, illetve előzetes tudásokhoz, korábbi tapasztalataikhoz kapcsolódnak;
- érthetőek; [11]

Következtetésképp, ha a pedagógus olyan információ átadásával próbálkozik, amelyhez a fent bemutatott jellemzők egyike sem társul – tehát vagy nem értik, vagy nem érdeklő a tanulókat, illetve nem társul hozzá semmilyen érzelmi töltet -, úgy nem meglepő módon később a diákok úgy reagálnak, mintha az említett információt még ezelőtt soha nem is hallották volna. Ennek okára két lehetséges magyarázat van. Az egyik esetben az átadni kívánt tudnivaló eleve be sem kerül a hosszú távú memóriájukba. A másik esetben bekerül ugyan, azonban - hacsak nem erősítik meg többszöri tudatos ismétléssel -, a tároló idegsejtek csoportjai gyengén kapcsolódnak egymáshoz, ami problémát okoz az előhívás során. A hatékony tanulás titka az, hogy ha egyszer valamilyen tudás elraktározódott, azt minél többszöri előhívással megerősítjük. A pedagógus tehát tudatos tervezéssel sokat tehet a sikeres folyamat érdekében, hiszen eszköztárában ott az ismétlés lehetősége! Az ember érdembeli tanulási folyamatát már a régi bölcsek is leírták, csak hogy példaként említsük Szophoklészt „*Az embernek úgy kell tanulnia, hogy csinálja a dolgot; mert bár azt hiszed, hogy tudod, addig nincs bizonyosságod, amíg ki nem próbálsz*”, Arisztotelészt „*Amit meg kell tanulnunk, azt megtanuljuk, ha csináljuk*”, vagy Galileit „*Az embert nem lehet megtanítani semmire: csak segíteni lehet neki, hogy megtalálja önmagában*”.

A modern kognitív tudomány és a több évtizedes tantermi kutatások tanulmányai is bizonyítják, hogy Szophoklésznek és a többi bölcsnek igaza volt. Az emberek cselekvéssel és reflexióval tanulnak, nem pedig „nézéssel” és „hallgatással”. Bizonyára mindenki tud a saját életéből említeni olyan példát, amelynek sikerességét a többszöri próbálkozás biztosította. Kicsi a valószínűsége, hogy csupán szemlélődőként, passzív résztvevőként tartós ismeretszerzésre tegyünk szert. Bármilyen készség elsajátítása főként a gyakorlásból ered. Gondolhatunk itt akár a különböző tudományos eredmények elérésének folyamatára is, ahol a megfigyelésből elgondolás, majd elmélet születik, amelyet kísérletekkel igazolunk, vagy cáfolunk. A kapott eredményekre saját magunk reflektálunk, emellett másoktól is kaphatunk visszajelzéseket. Kevés az esélye annak, hogy sikerül a „tartós tárba” menteni a kizárólag mások által előadott, általunk csupán külső szemlélőként látott vagy hallott szöveget.

A kérdés az, hogy egy pedagógus milyen eszközök és módszerek alkalmazásával érheti el, hogy a tanítási folyamat igazán hatékony legyen, hiszen ha a felismerés hatására túl drasztikusan próbálja megváltoztatni az eddig alkalmazott eljárásokat, vagy hirtelen megpróbálja az összes általa ismert tanítási módszert alkalmazni, a folyamat könnyen a visszajára fordulhat és az óra katasztrófába torkollik.

A hatékonyabbá válás útján nem kell minden „hagyományosot” eldobni. Tanárként képtelenség megvalósítani azt, hogy egytől-egyig minden diák elérje a kitűzött tanulási célokat, hiszen nem mindenki született tudósnak, mérnöknek, vagy éppen matematikusnak. Nem megoldás az sem, hogy a megvalósíthatóság érdekében túl alacsonyra tesszük a lécet.

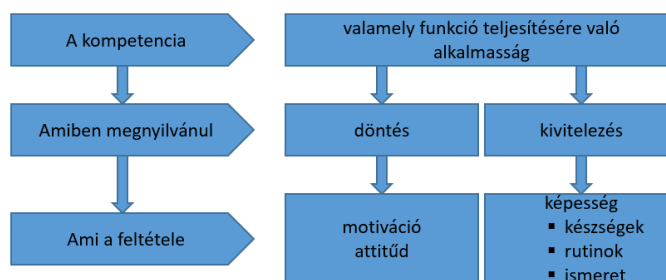
Mindenekelőtt azt kell szem előtt tartani, hogy lehetőség szerint minél több diák képessé váljon a tanítási-tanulási folyamatok során arra, hogy minél több képességre, motivációra és munkamorálra tegyenek szert. Ez az, ami garantálja számukra egyrészt a személyre szabott sikert mind az iskolai tanórákon, mind pedig a munka világába, másrészt a képességet, hogy a tanultakat átviessék és alkalmazzák más tanórákon, területeken, majd a későbbi karrierjük során.

Az úgynevezett „tanulóközpontú” tudásátadás során – a tanárközpontú eljáráshoz hasonlóan – a folyamatot vezető pedagógus határozza meg az általános paramétereket, a kitűzött célokat, az elsajátítani kívánt ismeretanyagot és készségeket, valamint értékeli azt. A különbség abban rejlik, hogy a tanárközpontúsággal ellentétben itt a diákok már nem csupán passzív befogadói, ismétlői az információknak, hanem sokkal nagyobb felelősséget vállalnak a saját tananyagukért és tanulásukért. Az oktató ebben a formában nem a bölcsesség kizárólagos forrásaként működik, hanem sokkal inkább edzőként vagy vezetőként, akinek az a legfőbb feladata, hogy segítsen a diákoknak a kívánt tudás, kompetenciák és készségek saját maguk számára történő elsajátításában. Weimer kutatásai során megállapította, hogy a tanárközpontú tanítással szemben szinte minden elképzelhető tanulási eredmény elérésében jobbnak bizonyult a tanulóközpontú oktatás. [12]

3. A digitális kompetencia szerepköre és oktatási lehetőségei

A kompetencia szó önmagában alkalmasságot, ügyességet jelent, emellett azonban számos egyéb értelmezése is van. A munkavégzés területén jelenthet jogosultságot, hatáskört bizonyos döntések meghozatalára, hétköznapi értelemben egy-egy szakterületen hozzáértést, alkalmasságot társítunk a fogalomhoz. A kompetencia minden esetben egy összetett meghatározást jelöl, hiszen a képesség az ismeretek, készségek, és rutinok komponenseiből épül fel, melyek hatással bírnak egymásra is [4].

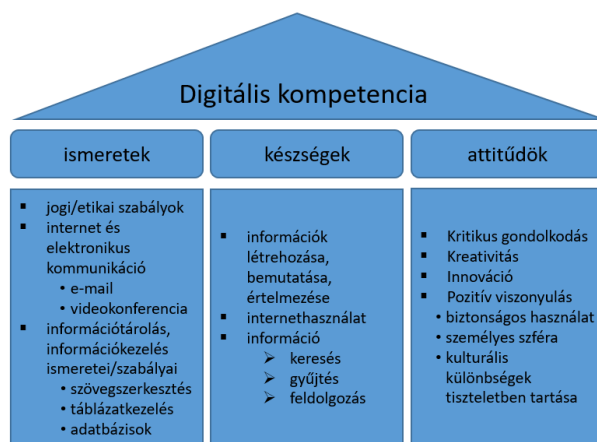
Kompetencia megnyilvánulása és feltétele:



Forrás: Oktatási segédlet alapján saját készítésű ábra

A kompetenciák fogalmának körét szűkítve eljutunk a digitális kompetencia meghatározásához, amely nem más, mint az információs társadalmi technológiák alkalmazásának képessége a tanulás, a munka, a szabadidő és a kommunikáció területén. A digitális kompetencia a következő komplex ismeretek, ismereteket és attitűdöket tartalmazza.

Digitális kompetencia rendszere:



Forrás: Digitális nemzedék online tananyaga alapján saját készítésű ábra

A digitális kompetencia esetében tehát olyan hozzáértő szakértelemről beszélünk, ami a digitális technológiák teljes körét magabiztosan és kritikusán képes felhasználni adott célok elérése érdekében. Ilyen cél lehet az információszerzés, a kommunikáció vagy akár az alapvető problémamegoldás is. [4] Fontos megemlíteni, hogy ebben az esetben egy úgynevezett „transzverzális” kompetenciáról van szó, ami a felsorolt szakmai képességeken túl magába foglalja a változásokhoz történő alkalmazkodás képességét is!

A jelenleg is tapasztalható folyamatos technikai újítások, az automatizáció, a robottechnológiák, a mesterséges intelligencia az élet minden területére kihatnak és szüntelenül át- és átalakítják a gazdaságot, a munkaerőpiacot és az emberek életkörülményeit. Az oktatási rendszernek reflektálni kell ezekre a folyamatokra, mégpedig lehetőség szerint minél gyorsabban, hiszen a versenyképesség fenntartásához, a megfelelő, alkalmazkodni képes munkaerő kialakításához elengedhetetlenül be kell fektetni a digitális technológiával kapcsolatos oktatásba, a vele összefüggő készségek és kompetenciák fejlesztésébe. A jelenleg már kulcskompetenciának számító digitális kompetenciát az alapfokú intézményben kezdi elsajátítani mindenki, majd bővíti, kiegészíti az egész életen át tartó tanulás során. Ehhez kapcsolódóan felmenő rendszerben bevezetésre került a digitális kultúra tantárgy, amelynek tananyagrészei a következő öt terület köré szerveződtek:

- információgyűjtés- és feldolgozás,
- kommunikáció,
- tartalmak létrehozása,
- biztonság és
- problémamegoldás. [5]

A pedagógusok munkáját az Oktatási Hivatal által elkészített Digitális kultúra tankönyvsorozat segíti, amely kiadványok az alapfokú intézmények harmadik évfolyamától kezdődően egészen a középiskola befejezéséig elérhetőek és alkalmazhatóak. Öröndetes tény, hogy a 2020-as NAT a digitális kompetencia fejlesztését nem csupán az informatika tantárgyat felváltó digitális kultúra tantárgy keretein belül kívánja megvalósítani - hiszen a tantárgyra fordítható szűgyenletesen kevés óraszám tükrében ez egészen egyszerűen elképzelhetetlen -, hanem a többi tantárgy eszköztárába is beépíti, mint kötelező fejlesztési elem, gondolhatunk itt például a magyarórák digitális szövegfeldolgozására. Természetesen bármennyire is jó a tananyag-támogatás és a hozzá kapcsolódó felső szintű rendelkezések, mégsem valósulhat meg az elérni kívánt cél, ha mellette a

tantárgyakat oktató pedagógusok vonatkozó szakmai kompetenciája hiányos, felületes vagy bizonytalan. Erre az eshetőségre a NAT-ban is történik utalás, miszerint „a technológiai fejlődés nyújtotta lehetőségek alkalmazása sokféle módszertani lehetőséget biztosítva segíti a tanulás-tanítás folyamatát. A XXI. századi tanulási környezet nélkülözhetetlen elemét képezi az iskolai tanuláshoz kapcsolódó digitális technológiával támogatott oktatási módszerek sokfélesége, ezért különösen fontos, hogy a pedagógusok ismerjék és alkalmazzák azokat”. [6]

A sikeres és hatékony oktatási folyamat érdekében további szabályozásként megjelent, hogy „a tanulás közvetlen helyszínékként használt helyiségeket (kiemelten osztálytermeket) lehetőség szerint úgy kell biztosítani, hogy a különböző tanulásszervezési eljárások alkalmazásához a berendezések rugalmasan és gyorsan átalakíthatók legyenek, illeszkedjenek az osztályba járó tanulók korosztályi és egyéni szükségleteihez, valamint nyugodt, biztonságos és támogató tanulási környezetet teremtsenek valamennyi tanuló számára. Lehetőség szerint biztosítani kell, hogy a tanulók a foglalkozásokon IKT és digitális eszközöket (számítógép, más iskolai vagy saját eszköz), internetkapcsolatot és prezentációs eszközöket vehessenek igénybe, valamint hozzáférhetővé váljanak a hagyományos iskolai és az elektronikus könyvtárak egyaránt”. [6]

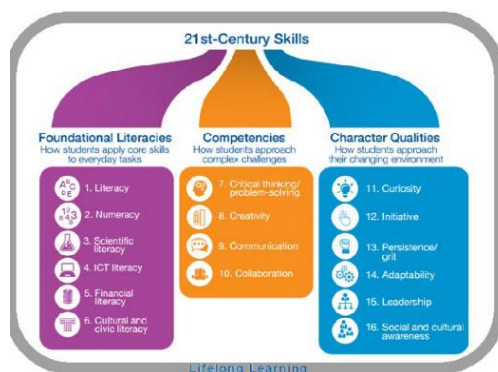
Láthatjuk tehát, hogy a kitűzött célok megvalósításának érdekében a tantárgy oktatására nem elszeparáltan, hanem a többi tantárggyal együtt, a közös elemek erősítésével van szükség, hiszen a digitális kompetenciának jelen kell lennie az élethez, a tanuláshoz, a munkához kapcsolódó problémamegoldás során. A tanulókörzpontú, jól megtervezett oktatástechnológia többféle módon is elősegítheti a tanulást. Az alábbiakban - a teljesség igénye nélkül - kiemelünk néhány alapötletet és eljárást, ami támpontot nyújthat a tervezés folyamata során:

- Online grafika megjelenítése, különböző – akár fogalmi - térképek, amelyek a témákat és a szervezést ábrázolják. Lehetőség szerint tartalmazzon hiperhivatkozásokat az egyes témakörökhöz kapcsolódóan, amelyek felkelthetik a tanulók érdeklődését a téma iránt.
- Prezentációs formátumok széles választékának lehetőségei: képernyőképek, fotók, videók és animációk a tanult tartalommal kapcsolatos jelenségekről és eseményekről (pl.: a kristályok növekedése, a baktériumok szaporodása, összeomló híd stb.).
- Diákok aktív részvételének biztosítása: rendszerszimulációk használata, amelyek lehetővé teszik a diákok számára az egyéni rendszerváltozók beállítását. Ennek segítségével személyre szabottan figyelhetik meg például egy függvény változását és értelmezhetik a kapott eredményeket.
- Rendszeres visszajelzés biztosítása: lényeges, hogy a diákok kapjanak visszajelzést az erőfeszítéseikről, haladási állapotukról. Tetszés szerint ez lehet diagnosztikus, formatív vagy szummatív. Opcionálisan a diákok is kapjanak lehetőséget az oktató és a tanulási folyamat értékelésére akár közös megbeszélés keretein belül.

4. Az átjárhatóság – STEM készségek a reflektorfényben

Amikor arról beszélünk, hogy a felgyorsult, folyamatosan változó világhoz történő alkalmazkodás fontossága, a rendszerben látás, a megszerzett tudás, az ismeretek több területen történő felhasználásának képessége, a kulcskompetenciák, és a változások hatására most már ebbe a körbe avanszált digitális kompetencia birtoklása is nélkülözhetetlen a sikerhez, mindig ugyanazzal az egy kulcsszóval találjuk szembe magunkat: STEM.

A STEM a Science, Technology, Engineering, Maths angol szavak kezdőbetűjéből alkotott szó, melynek magyar megfelelője nincs, és más nyelvek sem fordították le. Egészen egyszerűen így terjedt el a nemzetközi szakirodalomban. Egyfajta értelmezésben a STEM készségek a tudomány, technológia, mérnöki tudás és matematika négyesének összehangolt alkalmazását biztosító képességet jelenti és a folyamatosan fejlődő információs társadalom szakmáinak alapját képezi. Nem lepődhetünk tehát azon meg, hogy ez a mozaikszó egyre többször felmerül az oktatás kapcsán, hiszen a STEM készségek egyre inkább elengedhetetlenek a munkaerőpiacon. Az OECD Skills Outlook 2017 című kiadványa kiemeli, hogy a különféle készségek együttes megléte segítheti a boldogulást a digitális világban, ezért kiemelten fontos törekvéseket tenni arra, hogy a STEM készségek fejlesztésre kerüljenek. [10] Gitta Siekmann és Patrick Korbel az Ausztrál Kormány megbízásából készült tanulmányukban a 21. századi képességeket az alábbi módon összegezték:



Forrás: Gitta Siekmann & Patrick Korbel: Defining 'STEM' skills: review and synthesis of the literature [9]

A Világgazdasági Fórum által összeállított táblázat pedig azokról a 21. századi készségekről szól, amelyeket a foglalkoztatás alapfeltételének tekint. Ebben alapkészségek, kompetenciák és karakterjellemzőket is szerepelnek:

ALAPKÉSZSÉGEK Hogyan alkalmazzák a tanulók a mindennapi életben?	KOMPETENCIÁK Hogyan közelítik meg a tanulók a komplex feladatokat/kihívásokat?	KARAKTERJELLEMZŐK Hogyan közelítik meg a tanulók változó környezetüket?
1. Szövegértés	7. Kritikus gondolkodás, problémamegoldás	11. Kíváncsiság
2. Matematikai készségek	8. Kreativitás	12. Kezdeményezőkézség
3. Természettudományos készségek	9. Kommunikációs készségek	13. Kitartás
4. Információs és kommunikációs technológiai készségek	10. Együttműködési készségek	14. Alkalmazkodóképesség
5. Pénzügyi alapkészségek		15. Vezetői készségek
6. Kulturális és állampolgári alapkészségek		16. Társadalmi és kulturális tudatosság

Forrás: World Economic Forum: New Vision for Education [8]

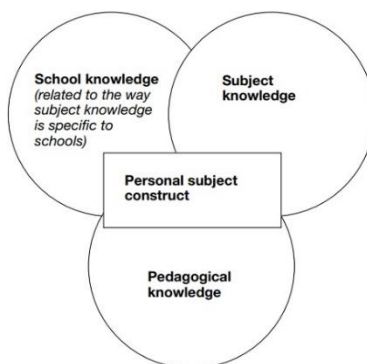
Akárhonnán is szemléljük, egyértelműen megállapítható, hogy a kihívásokra, változásokra adott válaszokban kivétel nélkül ott szerepel a STEM, a mérnöki tudomány alkalmazása, amely a matematika, a természettudományok és a technológia eszköztárát hozza az összetett problémák megoldására. A megoldási folyamat ugyan szisztematikus, mégis a tudományos ismeretek alkalmazása során elengedhetetlen kreativitást igényel. Kiindulva abból, hogy a mérnöki tudomány valós problémákkal foglalkozik, a tanulási folyamat egyik előnye kétségkívül az, hogy remek terepet kínál olyan fogalmak szemléltetésére, amelyeket más körülmények között egyébként a tanulóknak nehéz bemutatni. Ráadásul a mérnöki problémák a diákok és a társadalom számára is relevánsak, így elképzelhető, hogy a diákok motiváltabbak lesznek a matematikai, természettudományos és technológiai tananyag mélyebb megértésére. A mérnökök jellemzően

közösen dolgoznak a társadalom előtt álló problémák megoldásán, tehát minden mérnöki munka kooperációt is igényel a tervezés, a kreativitás, valamint a matematikai és természettudományos ismeretek alkalmazása mellett. Bármely mérnöki tervezési folyamaton belül az alábbi hat elemet biztosan felfedezzük:

1. A probléma meghatározása: *a probléma feltárása, megfigyelése, azonosítása. Kritériumok és korlátok meghatározása.*
2. A lehetséges megoldások felkutatása: *információgyűjtés és ötletek kidolgozása a probléma megoldására.*
3. A legjobb megoldás kiválasztása és megtervezése: *a tervek és adatok elemzésének elvégzése, majd annak meghatározására, mely ötlet lenne a legjobb megoldás az adott problémára.*
4. Prototípus építése és tesztelése: *a kiválasztott megoldás működő modelljének megépítése. A munkamodell vizsgálata annak kiderítésére, hogy az megoldja-e a problémát, megállja-e a helyét.*
5. A terv javítása: *bizonyítékok felhasználása, alternatívák összehasonlítása és értékelése. Társak ötleteinek értékelése, a módosítások elvégzése egészen addig, amíg a munkamodell kielégítő módon meg nem oldja a problémát.*
6. A megoldás kommunikálása: *szóbeli és írásbeli nyelvezet, valamint táblázatok, grafikonok rajzok és modellek használata.*[7]

Csapatban dolgozni, abban értékes, közreműködő tagnak lenni egy készség, ami fejleszhető, tanulható. Az oktatási intézmények színterén a gyerekek közös gondolkodása, társaik javaslatának meghallgatása révén az alkotások végül legtöbbször a hallottak alapján módosításra, tökéletesítésre kerülnek. A tanítási folyamatokban az egyes tanórák sikere vagy sikertelensége, a STEM készségek fejlesztésének lehetősége gyakran nemcsak a pedagógusok meglévő szakmai tudásán és az általuk választott tanítási stratégián múlik, hanem azon is, hogy mit tartanak fontosnak a tanítás során.

Az alábbi ábra a STEM tanárok kulcskompetenciáira fordítja a figyelmet:



Forrás: Frank Banks and David Barlex: Teaching STEM in the Secondary School [13]

Az ábra jobb felső harmadán a *tantárgyi tartalmi ismereteket* láthatjuk. A tanárok tárgyi tudása egyértelműen befolyásolja, hogyan tanítanak. Azok a tanárok, akik többet tudnak egy témáról, jobban, érdekesebben, mélyebben, több eszközzel és módszerrel fognak tudni tanítani, tehát hatékonyabbak. A tantárgyat csak korlátozottan ismerő tanárok saját, személyes védelmük érdekében elkerülhetik a nehéz témák tanítását, és/vagy nem vizsgálják meg összetett

szempontokat. Jellemzően tanárközpontú módon a gyermeki tapasztalatszerzést nélkülözve tanítanak elkerülve a kérdéseket.

Az grafikon alsó része a *pedagógiai ismereteket* emeli ki. A tanítás középpontjában a megfelelő tanítási módszer – eszköz kiválasztása áll. A tananyag megfogalmazásának, reprezentálásának módja kulcsfontosságú annak érdekében, hogy a tanuló számára az elsajátítani kívánt tudás érthetővé váljon. Ehhez a pedagógusnak rendelkeznie kell a tanári pálya nyújtotta széleskörű eszközök és módszerek tárházának ismeretével és azok biztos kezelésének képességével.

Az illusztráción külön szerepelnek az *iskolai ismeretek*, vagyis a pedagógus azon képessége, hogy egy tantárgy tananyagát a diákoknak érthető módon elmagyarázza, az adott korosztály megértési szintjére kreatívan „lefordítsa”.

Végül, mint látható a folyamat középpontjában a mindezt egyértelműen meghatározó és befolyásoló *személyes tanári attitűdök* állnak. Az egyéni jellemzők, nézetek, oktatási-nevelési célok alapjaiban határozzák meg az egyes folyamatokat, ami minden egyes tanár esetében a természetükből fakadóan egymástól bizonyos mértékben eltérőek.

A pedagógus szerepkörén túl felmerülhet a kérdés, hogy milyen mintát hoz egy részletesen kidolgozott bizonyítottan hatásos, az említett készségeket fejlesztő projektmunka? Egy STEM kezdeményezés részeként a Learning and Teaching Scotland (LTS) kidolgozott egy interdiszciplináris munkacsoportot, amely megújuló energia felhasználással foglalkozik (LTS, 2013). A tanulmány lényegében egy rövid videó, melyben a tudomány és a technológia népszerűsítője interjúkat készít olyan fiatal hivatásos mérnökökkel, akik a megújuló energiaiparban dolgoznak Skóciában. A tanulók ezután négy - szintén videón bemutatott – úgynevezett "tanulási utazáson" vesznek részt. Az első, "A fosszilis tüzelőanyagoktól a szél" című tananyag megfelel az új tantervben szereplő tudományos követelményeknek, míg a második, a "Szél, hullámok és árapály" a technológiai követelményeknek. A harmadik, "A szél kiszámítása", a matematikai követelményeinek, végül az "Ez a sziget megújuló energiát termel" című negyedik tanulási út során a tanulóknak a összegzésként az alábbi feladat kell megoldaniuk: érveljenek a megújuló energiaforrások használata mellett egy kis szigetközösségen. A megoldás során a diákoknak az első három tanulási út során szerzett ismereteiket kell felhasználniuk, valamint a térképismereteik és egyéb földrajzi információkat felhasználva különböző rendszerek segítségével adatokat kell gyűjteniük és értelmezniük. Mindennek eredményeképpen a megújuló energiaforrásokkal kapcsolatos különböző technológiák bemutatását és elemzését kell elvégezniük. Mint látható, ez egy nagy, összetett feladat, ezért a projekt munkát három kisebb feladatrészre bontották:

1. rész: A közösségek energiatervének fontos részét képezi az energiafogyasztás és a csökkentés módjainak mérlegelése. Adjon tanácsot az egyik felhasználói csoportnak az életmódjukat/üzletüket támogató energiafelhasználással kapcsolatban:
 - Egy nyugdíjas, idős házaspár, akik egy kis házikóban élnek.
 - Egy család, amely egy anyából, egy apából és két tizenéves gyermekből áll, és egy családi házban él. Az anya a helyi iskolában dolgozik, az az apa a pala bányában dolgozik, a gyerekek pedig a helyi iskolába járnak.
 - Egy család, amely egy anyából és egy apából, valamint egy hat hónapos csecsemőből áll. Az anya főállású anya, az apa pedig a helyi fűrészüzemben dolgozik.
 - A helyi posta/közösségi bolt üzemeltetése.
 - A 250 tanulóval számláló iskola igazgatója.

2. rész: Az egyes felhasználókra vonatkozó megállapítások alapján a kihívás során az 1. pontban leírtak alapján számolja ki az egész sziget hozzávetőleges energiafelhasználását.
 - A sziget teljes energiaszükségletét biztosíthatja-e a szél, az árapály, vagy a tenger hullámvásából nyert energia? Csapatként döntsék el, hogy milyen információkra lesz szükségük a megújuló technológiákról, hogy az segítsen megválaszolni a kérdést.
 - Hogyan fogják elemezni ezeket az információkat?
 - Milyen szempontok alapján hasonlítják össze a különböző lehetséges megújuló energiaforrásokat, technológiákat?
 - Milyen egyéb tényezőket kell még figyelembe venniük?
3. rész: Készítsenek kiállítói standot, amely bemutatják az eredményeiket, a megújuló energiaforrások szigetén való felhasználás megvalósíthatóságára vonatkozó vizsgálatokat, hogy segítsen a szigetlakók tájékoztatása az energiával kapcsolatos kérdésekről, például a következőkről:
 - Energiafelhasználás- és fogyasztás
 - A megújuló forrásokból történő energiatermelés lehetőségei
 - Az egyes technológiák legjobb helyszínei
 - Készítsék el a sziget méretarányos modelljét, amely bemutatja, hogy a technológia milyen hatást gyakorolhat a környezetre.
 - Csatoljanak példákat vagy fényképeket az órán készített modellekről, táblázatokról, diagramokról, írásos magyarázatokról, PowerPoint prezentációkat, szórólapokat, kommentált térképeket stb.

Bár az interdiszciplináris munka megközelítése itt nem különbözik a Nuffield Key Stage 3 STEM Futures projektjétől, azért mégis jelentős különbségek vannak. Magát a kihívást kizárólag a tanár határozza meg, ez esetben nem egyeztet az osztállyal. A tanulói válaszok világosan strukturáltak, illetve a hangsúly jelen esetben nem kifejezetten a fejlesztésen van.

A STEM tantárgyak integrációját kétféle módon valósíthatjuk meg. Az egyik módszer esetén, az iskolán kívüli szereplőktől, személyektől előzetes hozzájárulást kapunk, hogy órarenden kívül a segítségükkel, közreműködésükkel végigvigyünk egy adott projektet. Ebben az esetben az összes munkatárs team-tanítással támogatja a tevékenységeket, a tanulók pedig egy-egy aktuálisan éppen elérhető munkatárshoz fordulnak tanácsért, útmutatásért.

A másik módszer esetében a STEM fejlesztés egy teljes körű, komplett témakör több órán átívelő végigjárása során valósul meg. A pedagógus egy tematikus projektet követve az intézményi keretek között több órán keresztül tematikusan végighalad. E módszer kiterjeszhető a szakmai képzés és műszaki képzés területére is [14].

A digitális kultúra tantárgy során tanított algoritmikus gondolkodás elsajátítása egyrészt fejlesztheti a mára kulcsfontosságúvá vált digitális kompetenciát, a mindennapi problémamegoldást és ezzel együtt hozzájárulhat a tanulók STEM készségeinek fejlődéséhez. Fontos kiemelni azonban, hogy a STEM nem lexikális tudás! Nem egy óra, vagy egy hét szorgalmas tanulásával elsajátítható ismeretanyag. A STEM egy igen komplex képesség, amelynek kialakítása, elmélyítése, automatizálása évek hosszú munkájának eredménye. Ebből adódóan szilárd a meggyőződésünk, hogy csak úgy lehet javítani, fejleszteni, ha a tanuló minél több szinten, minél több dimenzióban, minél több alkalommal, minél többször találkozik olyan helyzetekkel, feladatokkal, amelyek ennek fejlesztését szolgálják. Nem kérdés, hogy a STEM

készségek fejlesztésének meg kell jelenni az oktatási folyamatokban, azonban nem az egyes folyamatokat lecserélve vagy annak helyét átvéve, hanem azok mellett, annak kiegészítéseként kell, hogy szerepeljen.

5. Zárszó

A digitális technológia, az információs társadalom ugrásszerű, folyamatos fejlődése feladja a leckét minden szegmensnek, így a nevelési-oktatási rendszernek is. A tapasztalat azt mutatja, hogy az iskolarendszer komoly ellenállást képes kifejteni a hirtelen gyökeres átalakulást kívánó hatások ellen, noha ma már felesleges úgy tenni, mintha ez a folyamat lassítható, vagy érdemben megakadályozható lenne. Kitalálhatjuk a tanórákról az internetet, vagy a gyerekek kezéből a mobiltelefont, még az okosórájukat is elkobozhatjuk, de ahogy elhagyják az iskola területét, a hétköznapi élet természetes részeként ismét használni fogják ezeket az eszközöket. Az iskoláknak alighanem el kell fogadnia, hogy a környezetében végbemenő változások lassabban vagy gyorsabban, de biztosan megjelennek a belső világában, a hétköznapi gyakorlatában is. A „digitális bennszülött” fiatalok generációja már megjelent a munkaerőpiac területein is, ez a változás pedig a pedagógus oktatási környezethez fűződő viszonyában remélhetőleg olyan motivációs tényező lesz, ami a korszerű technika oktatási felhasználása felé mozdítja el az álláspontokat és a gyakorlatot is. A pedagógusok az intézményesített oktatásban az egész életen át tartó tanulás alap gondolatának képviselőjeként szembe kell, nézzenek azzal, hogy a digitális eszközhasználat tanult tevékenysége éppúgy a szakmai kompetenciájukhoz tartozik, mint akár a gyerekek személyiségfejlődésének ismerete, vagy tudományos és szaktárgyi ismereteik, illetve a nevelés-oktatási módszereik. A digitális eszközhasználat oktatási felhasználásának szempontjából ma már nem képezheti vita tárgyát az, hogy a technológia milyen jelentős hatással lehetne a módszerekre, ha szándék, jó gyakorlatok és megfelelő környezet ezt segítenék. A munkaerőpiac elvárásainak előreláthatólag úgy lehet a leginkább megfelelni, ha az oktatási intézmény minél gyorsabban és hangsúlyosabban az aktualitásokhoz igazodik, alkalmazkodik. A világ formálódik, most jellemzően minden a gyorsaságról, az azonnali rendelkezésre állásról szól, következtetésképp vélhetően az oktatási intézményi rendszer is átalakul, a munkaerőpiac minél hamarabb szeretné alkalmazni az újonnan képzett munkaerőt. Az elsődlegességre és a gyorsaságra helyeződik a hangsúly: elsősorban a szakképzésben a szakma elvégzéséhez teljesen lényegtelen elemek oktatására nem feltétlenül lesz szükség. Ehelyett nagyobb hangsúlyt kap a specializáció, amely során az adott vállalat a saját „képére” alakítja a hozzá „betervezett” munkavállalók szakmai kompetenciáit. A metakogníció – vagyis a személynek azon tudása és képessége, hogy reflektáljon saját tudására – kiemelt szerepet kell, kapjon az oktatási-nevelési folyamatok során. A tanításnak elsősorban a megértést kell célul kitűznie, melynek során a tanulók nem passzívan fogadják be a mások által valamilyen módon értelmezett információkat, hanem proaktívan vesznek részt a tanulási folyamatban a saját maguk által értelmezett, felfedezett tudásanyag segítségével. A digitális kompetencia, ezzel együtt a STEM készségek fejlesztése nélkülözhetetlen ebben az új piaci szegmensben, sőt igazából a mindennapi életvitel és problémamegoldás területein egyaránt. A STEM-et a versenyképesség alappilléreként tartják számon, jelenleg pedig azok az országok tűnnek versenyképesnek, amelyek kiválóan teljesítenek ezen a területen. Nem kérdés tehát, hogy a munkaerőpiaci igények átalakulásához, a világunk és környezetünk változásaihoz az oktatásnak lehetőleg minél jobban és minél hamarabb idomulni kell, hiszen a megfelelő munkaerő biztosítása, a versenyképesség a cél! A STEM készségek fejlesztése – a hozzá kapcsolódó kompetenciákkal

egyetemben - kiemelt feladatként kell, hogy megjelenjen az oktatási intézmények minden színterén az említett cél elérése érdekében.

Felhasznált irodalom

- [1] Balázs, B., Fodor, A., Karl, É., Molnár, Gy. (2022). "A digitalizáció aktuális kérdéskörei, kihívásai napjainkban a fenntartható fejlődés szemszögéből". *SZABAD PIAC: GAZDASÁG- TÁRSADALOM- ÉS BÖLCSÉSZETTUDOMÁNYI FOLYÓIRAT* 1 : 5 pp. 79-94.
- [2] Karl, É., Cserkó, J., Molnár, Gy. (2022). "A digitális kor kihívásai és lehetőségei a digitális tanulás során – fókuszban az élménypedagógiai módszerek", In: *Tanuló társadalom: Oktatókutatás járvány idején*, Kattein-Pornói, R., Mrázik, J., Pogátsnik, M. (szerk.), Budapest, Magyarország, Debrecen, Magyarország: Debreceni Egyetemi Kiadó, Magyar Nevelés- és Oktatókutatók Egyesülete (HERA) 799 p. pp. 89-105.
- [3] Levai, D., Ollé, J., Papp-Danka, A., Tóth-Mózer, Sz., Virányi, A. (2013). *Oktatásinformatikai módszerek. Tanítás és tanulás az információs társadalomban*. ELTE Eötvös Kiadó.
- [4] Karl, É., Molnár, Gy. (2021). "A digitális kompetencia fejlesztésének igénye és lehetőségei a szakképzésben, napjaink reformterhelte világában". *ÚJ PEDAGÓGIAI SZEMLE* 71. évfolyam : 05-06 pp. 55-68. Paper: 14 , 14 p.
- [5] *SchoolEducationGateway: A digitális kompetencia elsajátítása – a 21. századi polgárok előtt álló feladat*, SchoolEducationGateway, May 2015. [Online]. Available:https://www.schooleducationgateway.eu/hu/pub/viewpoints/experts/riina_vuorikari_-_becoming_dig.htm
- [6] Magyarország Kormánya. *110/2012. (VI. 4.) Korm. rendelet a Nemzeti alaptanterv kiadásáról, bevezetéséről és alkalmazásáról*. [Online]. Available: <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a1200110.kor>
- [7] Atman, C.J., Adams, R.S., Mosborg, S., Cardella, M.E., Turns, J., and Saleem, J. (2007). *Engineering design processes: A comparison of students and expert practitioners*. *Journal of Engineering Education*, 96 p. pp. 359–379.
- [8] *New Vision for Education: Fostering Social and Emotional Learning through Technology*, World Economic Forum, 2016. [Online]. Available: <https://www.weforum.org/reports/new-vision-for-education-fostering-social-and-emotional-learning-through-technology>.
- [9] Siekmann, G. and Korbel, P. *Defining 'STEM' skills: review and synthesis of the literature*. Commonwealth of Australia. 2016. [Online]. Available: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED570655.pdf>
- [10] OECD Skills Outlook 2017: *Skills and Global Value Chains*, OECD Publishing, Párizs, 2017.
- [11] Sousa, D. A. (2011). *How the brain learns* (4th ed.) [Online]. Available: <http://www.amazon.com/Brain-Learns-David-Anthony-Sousa/dp>
- [12] Weimer, M. (2013). *Learner-centered teaching: Five key changes to practice* (2nd ed.). San Francisco: Jossey-Bass.
- [13] Banks, F. and Barlex, D. (2014). *Teaching STEM in the Secondary School. Helping teachers meet the challenge*. Routledge.
- [14] I., Holik ; I., Dániel Sanda (2022). The Possibilities of Developing STEM Skills in Higher Education, In: Bala, Maheswaran; Olga, Gkounta (szerk.) *Abstract Book. 6th Annual International Symposium on Future of STEAM (sciences, technology, engineering, arts and mathematics) Education*, Athén, Görögország : Athens Institute for Education and Research pp. 37-38.

Mester Gyula: Újvidéki Egyetem kutatóinak 2022-es ranglistája

Óbudai Egyetem, Biztonságtudományi Doktori Iskola,
1034 Budapest, Bécsi út 96/b,
Magyarország
drmestergyula@gmail.com.

Absztrakt: A tudományos közlemény bemutatja az Újvidéki Egyetem kutatóinak 2022-es ranglistáját. A 2022-es Sanghai egyetemi világranglistán az Újvidéki Egyetem a 901-1000-es klaszterben található. A ranglistát elsődlegesen a kutatók h-indexe szerint prezentáljuk. Megegyező h-index szerinti kutatókat az idézetek száma szerint rangsoroljuk. A ranglistán szereplő 20 kutató minimális h-indexe 25. A h-index meghatározható a következő internetes adatbázisokból: Web of Science, Scopus, Google Scholar, Magyar Tudományos Művek Tára valamint a Tud-O-Méter és a Publish or Perish programok alkalmazásával. A ranglistát a Google Scholar adatbázis alkalmazásával szerkesztjük.

Kulcsszavak: Újvidéki Egyetem kutatói; Sanghai egyetemi világranglista; tudományos teljesítmény mérése; h-index; idézetek; Google Scholar.

1. Bevezetés

A tudományos közlemény bemutatja az Újvidéki Egyetem kutatóinak 2022-es ranglistáját. A 2022-es Sanghai egyetemi világranglistán az Újvidéki Egyetem a 901-1000-es klaszterben található. A tudományos teljesítmény mérésének hatékony módja az idézetek mérése, ugyanis, ha valakire más tudósok sokszor hivatkoznak, az valószínűleg jobb kutató. A kutatók ranglistáját elsődlegesen a kutatók h-indexe szerint prezentáljuk. A h-index a legnagyobb h szám, amely azt jelzi, hogy h számú publikáció legalább h idézetet tartalmaz. Meghatározható a következő internetes adatbázisokból:

Web of Science, Scopus, Google Scholar, Magyar Tudományos Művek Tára valamint a Tud-O-Méter és a Publish or Perish programok alkalmazásával.

Megegyező h-index esetében a kutatókat az idézetek száma szerint rangsoroljuk. A ranglistán rangsorolt legjobb 20 kutató minimális h-indexe 25 és három magyar kutató szerepel. A ranglistát a Google Scholar adatbázis alkalmazásával szerkesztettük [1].

A Google Scholar (Google Tudós) a Google tudományos keresője 2004-ben indult, megjeleníti a kutató tudományos közleményeit, idézeteit, h-indexét és i10-indexét.

Az első fejezet a bevezetés, a második fejezetben bemutatom az Újvidéki Egyetem kutatóinak 2022-es ranglistáját, végül összefoglalom a kutatásaim eredményeit.

2. Újvidéki Egyetem kutatóinak 2022-es ranglistája

Újvidéki Egyetem kutatóinak 2022-es ranglistáját elsődlegesen a kutatók h-indexe szerint mutatjuk be. A ranglistát a Google Scholar adatbázis alkalmazásával szerkesztettük. Megegyező h-index szerinti kutatókat az idézetek száma szerint rangsoroljuk [2-15].

A ranglistán szereplő kutatók minimális h-indexe 25. A ranglistán 20 kutató szerepel [16-22]. Bemutatjuk a kutatók Orcid ID számát is. Íme a ranglista:

1. Slobodan B. Marković

h-index = 52

8667 hivatkozás

Orcid ID: 0000-0002-4977-634X



Slobodan B. Marković

Professor of Physical Geography, University of Novi Sad
Verified email at dgt.uns.ac.rs - [Homepage](#)
Quaternary research

FOLLOW

Cited by

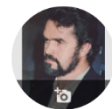
	All
Citations	8667
h-index	52
i10-index	129

2. Gyula Mester

h-index = 48

3886 hivatkozás

Orcid ID: 0000-0001-7796-2820



Gyula Mester (Orcid: 0000-0001-7796-2820)

Professor, University Óbuda, Institute of NextTechnologies, Hungary, University of Novi Sad, Serbia
Verified email at bgk.uni-obuda.hu - [Homepage](#)
Unmanned Autonomous Sy... Robotics and Intelligent Sy... Flying Cars Self-Driving Cars Citation Analysis

FOLLOWING

Cited by

	All
Citations	3886
h-index	48
i10-index	92

3. Biljana Skrbić

h-index = 41

4840 hivatkozás

Orcid ID: 0000-0002-8615-8989



Biljana Skrbić

University of Novi Sad, Faculty of Technology Novi Sad, Serbia
Verified email at tf.uns.ac.rs
environmental protection micropollutants waste valorization

FOLLOW

Cited by

	All
Citations	4840
h-index	41
i10-index	89

4. Teodor Atanacković

h-index = 40,

5467 hivatkozás

Orcid ID: 0000-0002-8714-1388



Teodor Atanackovic

Department of Mechanics, Faculty of Technical Sciences, University of Novi Sad
Verified email at uns.ac.rs
Mechanics

FOLLOW

Cited by

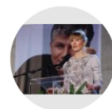
	All
Citations	5467
h-index	40
i10-index	107

5. Vesna Tumbas Šaponjac

h-index = 39

4597 hivatkozás

Orcid ID: 0000-0003-1925-6500



Vesna Tumbas Šaponjac

University of Novi Sad, Faculty of Technology
Verified email at uns.ac.rs
Food Chemistry Antioxidants Free radicals Bioactive compounds

FOLLOW

Cited by

	All
Citations	4597
h-index	39
i10-index	78

6. Stevan Pilipović

h-index = 37

6323 hivatkozás

Orcid ID: 0000-0002-5443-4467



Stevan Pilipovic

Profesor matematike, Emeritus, Univerzitet u Novom Sadu
Verified email at dmi.uns.ac.rs
matematika mehanika

FOLLOW

Cited by

	All
Citations	6323
h-index	37
i10-index	163

7. Senka Vidović

h-index = 36

4056 hivatkozás

Orcid ID: 0000-0001-6936-3289



Senka Vidovic

Assistant Professor Faculty of Technology University Novi Sad Serbia
No verified email

extraction high pressure extraction spray drying powders medicinal plants



Cited by

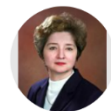
	All
Citations	4056
h-index	36
i10-index	85

8. Biljana Abramović

h-index = 36

3299 hivatkozás

Orcid ID: 0000-0001-7009-8523



Biljana Abramovic

University of Novi Sad, Faculty of Sciences
Verified email at dh.uns.ac.rs

Analytical chemistry Advance oxidation processes Mycotoxins



Cited by

	All
Citations	3299
h-index	36
i10-index	78

9. Mirjana Ivanović

h-index = 34

6781 hivatkozás

Orcid ID: 0000-0003-1946-0384



Mirjana Ivanovic

Full Professor, Faculty of Sciences, University of Novi Sad
Verified email at dmi.uns.ac.rs - [Homepage](#)

Software agents Data mining Machine Learning Technology enhanced learn...
Software engineering



Cited by

	All
Citations	6781
h-index	34
i10-index	133

10. Sanja Armaković

h-index = 32

3124 hivatkozás

Orcid ID: 0000-0002-3665-1046



Dr. Sanja Armaković

University of Novi Sad, Faculty of Sciences, Department of Chemistry, Biochemistry
and Environmental

Verified email at dh.uns.ac.rs - [Homepage](#)

Photodegradation Catalysis Drugs Environmental Protection DFT



Cited by

	All
Citations	3124
h-index	33
i10-index	94

11. Livija Cvetičanin

h-index = 32

3416 hivatkozás

Orcid ID: 0000-0002-1061-4685



Livija Cveticanin (Orcid: 0000-0002-1061-4685)

University of Novi Sad, Serbia; [Obuda University](#), Doctoral School of Safety, Budapest,
Hungary

Verified email at bgk.uni-obuda.hu

Nonlinear Vibrations Dynamics of Mass Variable ...



Cited by

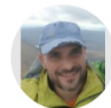
	All
Citations	3416
h-index	32
i10-index	97

12. Branko Sikoparija

h-index = 32

2612 hivatkozás

Orcid ID: 0000-0002-6766-4149



Branko Sikoparija

BioSense Institute - University of Novi Sad, Serbia
Verified email at biosense.rs

aerobiology melissopalynology



Cited by

	All
Citations	2612
h-index	32
i10-index	46

13. Valéria Guzsvány

h-index = 32

2495 hivatkozás

Orcid ID: 0000-0002-1903-3633



Valeria Guzsanyi

Professor of Chemistry, Faculty of Sciences, [University of Novi Sad](#)
Verified email at dh.uns.ac.rs



Cited by

	All
Citations	2495
h-index	32
i10-index	55

14. Silvana Andrić

h-index = 31

2577 hivatkozás

Orcid ID: 0000-0002-2908-8136



Silvana Andric

Professor of Animal physiology, Faculty of Science, [University of Novi Sad](#)
Verified email at db.e.uns.ac.rs - [Homepage](#)
Reproductive endocrinolog...



Cited by

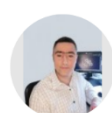
	All
Citations	2577
h-index	31
i10-index	61

15. Stevan Armaković

h-index = 30

2797 hivatkozás

Orcid ID: 0000-0002-8049-9969



Stevan Armaković, PhD

[University of Novi Sad](#), Faculty of Sciences, Department of Physics
Verified email at df.uns.ac.rs - [Homepage](#)
DFT calculations molecular dynamics and do... buckybowls advanced oxidation proces...
ionic liquids



Cited by

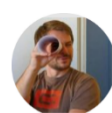
	All
Citations	2797
h-index	30
i10-index	92

16. Jovanović Veljko

h-index = 29

2414 hivatkozás

Orcid ID: 0000-0001-9248-2518



Jovanović Veljko

[University of Novi Sad](#), Department of Psychology
Verified email at ff.uns.ac.rs - [Homepage](#)
well-being resilience cross-cultural psychology



Cited by

	All
Citations	2414
h-index	29
i10-index	50

17. Bojan Zarić

h-index = 28

2052 hivatkozás

Orcid ID: 0000-0003-3215-8390



Bojan Zaric, M.D., Ph.D.

Institute for Pulmonary Diseases of Vojvodina, Faculty of Medicine, University of Novi Sad
Verified email at institut.rs - [Homepage](#)
lung cancer bronchoscopy interventional pulmonology immuno-oncology
translational research



Cited by

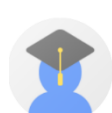
	All
Citations	2052
h-index	28
i10-index	49

18. Biljana Božin

h-index = 27

6199 hivatkozás

Orcid ID: 0000-0002-4018-3337



Biljana Bozin

Faculty of Medicine, University of Novi Sad
No verified email
medicinal plants chemistry biodiversity quality control phytotherapy



Cited by

	All
Citations	6199
h-index	27
i10-index	49

19. Vladimir Petrović

h-index = 26

5100 hivatkozás

Orcid ID: 0000-0002-2052-6232



Vladimir Petrovic

Faculty of Technical Sciences, University of Novi Sad, Serbia
Verified email at manchester.ac.uk

video quality image fusion computer vision medical imaging



Cited by

	All
Citations	5100
h-index	26
i10-index	49

20. Radmila Kovačević

h-index = 25

2193 hivatkozás

Orcid ID: 0000-0002-4018-3337



Radmila Kovacevic

Department of Biology and Ecology, Faculty of Sciences [University of Novi Sad](#)
Verified email at db.e.uns.ac.rs

reproductive endocrinology endocrine disruption biomarkers



Cited by

	All
Citations	2193
h-index	25
i10-index	48

3. Összefoglalás

A tudományos közlemény bemutatta az Újvidéki Egyetem kutatóinak 2022-es minden idők szerinti ranglistáját.

Az Újvidéki Egyetem kutatóinak ranglistáját elsődlegesen a kutatók h-indexe szerint prezentáljuk. Megegyező h-index szerinti kutatókat az idézetek száma szerint rangsoroljuk.

A ranglistán szereplő 20 kutató minimális h-indexe 25. Három magyar kutató szerepel a ranglistán, ami a ranglistán szereplő kutatók számának 15%-a.

A ranglistát a Google Scholar internetes adatbázis alkalmazásával szerkesztettük.

Irodalomjegyzék

- [1] Google Scholar, <https://scholar.google.com> (letöltve: 2020.10.12).
- [2] Mester, G.: Merenje rezultata naučnog rada, Tehnika-Mašinstvo, 64(3), 2015, 445-453.
- [3] Rodic, A., Mester, G.: Ambientally Aware Bi-Functional Ground-Aerial Robot-Sensor Networked System for Remote Environmental Surveillance and Monitoring Tasks, Proceedings of the 55th ETRAN Conference, Section Robotics, 2012, RO2 5, 1-4.
- [4] Rodic, A., Jovanovic, M., Popic, S., Mester, G.: Scalable Experimental Platform for Research, Development, and Testing of Networked Robotic Systems in Informationally Structured Environments, Proceedings of the IEEE SSCI 2011, Symposium Series on Computational Intelligence, Workshop on Robotic Intelligence in Informationally Structured Space, DOI:10.1109/RIISS.2011.5945779, Paris, France, 2011, 136-143.
- [5] Mester, G., Pletl S., Pajor, G., Basic, D.: Adaptive Control of Rigid-Link Flexible-Joint Robots, Proceedings of 3rd International Workshop of Advanced Motion Control, Berkeley, USA, March 20-23, 1994, pp. 593-602.
- [6] Nemes, A., Mester, G.: Unconstrained Evolutionary and Gradient Descent-Based Tuning of Fuzzy-partitions for UAV Dynamic Modeling, FME Transactions, ISSN: 1451-2092, DOI: 10.5937/fmet1701001N, Vol. 45, No. 1, pp. 1-8, 2017.
- [7] Albini, A., Mester, G., Iantovics, B, L.: Unified Aspect Search Algorithm, Interdisciplinary Description of Complex Systems, INDECS, 2019, 17(1-A): 20-25.
- [8] Mester, G.: Cloud Robotics Model, Interdisciplinary Description of Complex Systems, Zagreb, 13(1), ISSN 1334-4684, DOI: 10.7906/indecs.13.1.1, 2015, pp. 1-8.

- [9] Mester, G.: Distance Learning in Robotics, Proceedings of the Third International Conference on Informatics, Educational Technology and New Media in Education, ISBN 86-83097-51-X, Sombor, Serbia and Montenegro, 01-02.04.2006, 239-245.
- [10] Kasac, J., Milic, V., Josip Stepanic, J. and Mester, G. : A Computational Approach to Parameter Identification of Spatially Distributed Nonlinear Systems with Unknown Initial Conditions. 2014 IEEE Symposium on Robotic Intelligence in Informationally Structured Space (RIISS), Publisher IEEE, DOI:10.1109/RIISS.2014.7009170, Orlando, USA, 09-12.12.2014, 1-7.
- [11] Mester, G.: Univerziteti regiona na Šangajskoj rang listi univerziteta u svetu 2012, Zbornik radova XIX Skupa Trendovi razvoja, Kopaonik, Serbia, 2013, 1-5.
- [12] Mester, G.: Metode Naučne Metrike i Rangiranja Naučnih rezultata, Proceedings of the 57th ETRAN Conference, 2013, RO3.5.1-3.
- [13] Mester, G.: The Evaluation of the Impact Factor of the Journal Acta Polytechnica Hungarica, Proceedings of the TREND Conference, 2011, pp. 70-73.
- [14] Mester, G.: Felsőoktatási Világranglisták 2011, Proceedings of the Conference Informatika a felsőoktatásban, Debrecen, Hungary, 2011, pp. 269-277.
- [15] Pizarov, J., Mester, G.: Programming the mBot Robot in School, Proceedings of the MechEdu International Conference & Workshop 2019, pp. 45-48, ISBN 978-86-918815-5-9, Subotica Tech Subotica, Serbia, 12.12.2019.
- [16] Mester, G.: Academic Ranking of World Universities 2009/2010, The Ipsi BgD, Transactions on Internet Research, 7(1), 2011, pp. 44-47.
- [17] Mester, G.: New Trends in Scientometrics, Proceedings of the 33rd International Scientific Conference Science in Practice, 2015, pp. 22-27.
- [18] Mester, G.: Ranking of Croatian Researchers from Several Disciplines using Google Scholar Database, Interdisciplinary Description of Complex Systems, Indecs, 15(2), 2017, 168-173.
- [19] Mester, G.: Ranking Baltic States Researchers, Interdisciplinary Description of Complex Systems, Indecs, 15(3), 2017, 174-179.
- [20] Mester, G.: Tudományos teljesítmény mérése, idézetek, h-index, Proceedings of 8th International Engineering Symposium at Bánki, ISBN:978-615-5460-95-1, Budapest, Hungary, 2016, paper 57, 1-10.
- [21] Mester, G.: Massive Open Online Courses in Education of Robotics, Interdisciplinary Description of Complex Systems, Indecs, 14(2), ISSN 1334-4684, DOI: 10.7906/indecs.14.2.7, 2016, 182-187.
- [22] Mester, G.: Rankings Scientists, Journals and Countries Using h-index, Interdisciplinary Description of Complex Systems, Indecs, 14(1), ISSN 1334-4684, DOI: 10.7906/indecs.14.1.1, 2016, 1-9.

Makó Ferenc, Holik Ildikó: Munkaadói kompetenciaigények vizsgálata egyetemi vállalati partnerek körében

Óbudai Egyetem, KVK-EFI-TMPK, 1081 Budapest, Népszínház u. 8. mako.ferenc@tmpk.uni-obuda.hu, holik.ildiko@tmpk.uni-obuda.hu

Absztrakt: Napjaink rohamos technológiai fejlődése, valamint a munkaerőpiac dinamikus változása a műszaki felsőoktatásra is hatást gyakorol. A korszerű tartalomra való törekvés mellett egyre hangsúlyosabb szerepet kap a képzésekben a munkaerő-piaci igényekből kiinduló kompetenciafejlesztés. A műszaki felsőoktatás egyik fontos céljaként jelenik meg, hogy a hallgatók olyan korszerű, elméletileg megalapozott és a gyakorlatban is alkalmazható tudásra tegyenek szert, amely segítségével sikeresen megállják helyüket a munka világában. Tanulmányunkban kutatási eredmények feldolgozása alapján azzal a kérdéssel foglalkozunk, hogy melyek azok a munkavállalói tulajdonságok, amelyeket a szakmai ismeretek mellett elvárnak a munkaadók. Ismertetjük saját kérdőíves kutatásunk eredményeit, amely a releváns munkaadói kompetencia igényeket mérte fel egyetemünk vállalati partnereinek körében.

Kulcsszavak: munkaadói igények, felsőoktatás, soft skillek

1. Bevezetés

Napjaink felsőoktatásában egyre hangsúlyosabbá válik a munkaerő-piaci igényekből kiinduló kompetenciafejlesztés [1]. Fontos célként fogalmazódik meg, hogy a hallgatók olyan korszerű, elméletileg megalapozott, de gyakorlatias tudást kapjanak a felsőoktatási intézményben, amelynek segítségével sikeresen megállják helyüket a munkahelyükön és a hétköznapi életben is. Ehhez pedig az szükséges, hogy a hard skillek (szakmai, technológiai, digitális készségek [2]) mellett a soft skillek (puha készségek) fejlesztése is hangsúlyos szerepet kapjon a felsőoktatásban.

Több hazai és nemzetközi kutatás is foglalkozott azzal a kérdéssel, hogy melyek azok a munkavállalói tulajdonságok, amelyeket a szakmai ismeretek mellett elvárnak a munkaadók. Álláshirdetések elemzésén alapuló kutatások [3-5] megállapították, hogy gyakori munkaerő-piaci elvárás, hogy a pályázó kiváló kommunikációs és tárgyaló készséggel, problémamegoldó képességgel, együttműködési készséggel, szervezőképességgel és vezetői képességekkel/készségekkel rendelkezzen. Ugyanakkor néhány kutatás [6-7] arra is rámutatott, hogy jelentős különbségeket találhatunk a frissen végzettek és a munkaadók véleménye között a pályakezdekők munkájához szükséges kompetenciákról.

2. Soft skillek a munkaerőpiacon

A hard skill (kemény készség) fogalmat a tankönyvekből megszerzhető tudásra, a szakmai ismeretekre használjuk. „Fejlettségük jól mérhető, ellenőrizhető, értékelési rendszerük kialakult. Ezeknek az általános és szakmai ismereteknek, készségeknek az elsajátítása a tanulók számára meghatározzák azokat a szabályokat, rutinokat, amelyek a különböző helyzetekben előírják, hogy mit és hogyan kell csinálniuk. A munkáltatók könnyen informálódhatnak ezekről a készségekről (pl. iskolai végzettség, nyelvtudás, számolási készség, számítógépes programok ismerete).” [8]

Soft skilleknek (puha készségeknek) a személyiség jellemzőit, az interperszonális és intraperszonális készségeket nevezzük [8]. A soft skillek olyan magatartásbeli, viselkedéses komponensek, amelyek a személyközi kapcsolatokban játszanak jelentős szerepet [9].

Szakirodalmi források számos soft skillt neveznek meg, például: az önmenedzselést, a munkatársakkal való kapcsolatot, az információkezelést, a feladatmegoldó készséget [10], a kommunikációs és az interperszonális készséget, a vezetői és a szervezői készséget, a kreativitást [11], az analitikus gondolkodást, a csoportmunkát, a motivációt, a gondolkodásbeli rugalmasságot [12], az önmenedzsmenetet, a nagy megterhelés alatti munkavégzést, a kritikai gondolkodást, a tanulási hajlandóságot, a részletekre történő odafigyelést, a felelősségvállalást, a tervezőkészséget, az intuíciót, az érettséget, a professzionalizmust, az érzelmi intelligenciát [13], a strukturált gondolkodást, problémamegoldó készséget, a tárgyalási készséget, az időgazdálkodást, a konfliktuskezelést, a kulturális tudatosságot, a felelősséget, az udvariasságot, az önértékelést, a szociabilitást, az integritást, a becsületességet, az empátiát, a munkamorált, a projektmenedzsmenetet, az üzleti menedzsmenetet [14].

A felsőoktatásban fontos szem előtt tartani, hogy a hard és a soft skillek kiegészítik egymást, egyaránt fontosak, „szinergiájuk biztosíthatja a felsőoktatásban a hatékonyabb tanulási-tanítási folyamatokat, az oktatás hatékonyságának és minőségének növekedését” [8, p.10].

A mérnökképzésben is gyakran felmerül az a kérdés, hogy melyek azok a képességek és készségek, amelyek elengedhetetlenek egy mérnök számára a munkaerőpiacon. Kutatások [15-18] bizonyítják, hogy egyre nagyobb a kereslet a nyitott, rugalmas, alkalmazkodni tudó és kommunikatív mérnökök iránt a munkahelyeken. A munkáltatók elvárják, hogy a friss diplomás mérnökök ne csak szakmai tudással rendelkezzenek, hanem kreatív módon meg tudják oldani a felmerülő problémákat [19-20], valamint tudjanak együttműködve csapatban dolgozni [21].

A szakirodalomban [22-25] gyakori kritikaként merül fel a mérnökképzéssel szemben, hogy elsősorban a szakmai kompetenciák fejlesztésére összpontosít, ugyanakkor az is fontos lenne, hogy felkészítse a hallgatókat a fenti munkahelyi elvárásokra is. Schomburg [22] tanulmányában elsősorban a szociális, kommunikatív és a személyes kompetenciák hiányára hívja fel a figyelmet. Direito és mtsai [23], illetve Berglund és Heintz [24] szintén az interperszonális készségek fontosságára mutatnak rá a mérnöki munkában, továbbá hangsúlyozzák, hogy a technikai változások hatására újra kell gondolni a mérnökképzés „hagyományos útjait”, és a munkaerőpiac elvárásainak megfelelő kompetenciák fejlesztésére kell hangsúlyt helyezni.

A soft skillek fontosságára hívta fel a figyelmet a Harvard Egyetem egyik kutatása azzal a kutatási eredménnyel, hogy a munkahelyi sikerek nyolcvanöt százaléka köszönhető soft skilleknek, csak tizenöt százaléka múlik a hard skilleken [26].

A LinkedIn Global Talent Trends 2019 jelentése kihangsúlyozza, hogy a szakértők 92%-a tartja a soft skilleket ugyanolyan fontosnak, vagy még fontosabbnak, mint a hard skilleket. A felmérés alapján a szakértők 89 százaléka állítja azt, hogy amennyiben egy újonnan felvett munkavállaló mégsem váltja be a hozzá fűzött reményeket, akkor annak az az oka, hogy nincs vagy nem megfelelően van birtokában a szükséges soft skilleknek [26].

3. Empirikus kutatás a munkaadói képzési igényekről és a foglalkoztatási készségigényekről

Kutatásunk célja a releváns munkaadói kompetencia igények feltárása az Óbudai Egyetem Kandó Kálmán Villamosmérnök Karának új képzési programjainak kidolgozásához és indításához, továbbá a többszintű- és átjárható villamosipari képzési struktúra kialakításához. Kutatási kérdésünk, hogy milyen képzési / foglalkoztatási igények fogalmazódnak meg a KVK vállalati partnereinél.

A kutatásban nyitott kérdéseket tartalmazó online kérdőívet alkalmaztunk, melyet a KVK ipari partnereihez juttatunk el.

Az online kérdőívünkre 31 vállalati partnertől kaptunk válaszokat. A kitöltők között 10-en a cégek vezetői (cégvezető, ügyvezető), 8-an valamilyen szervezeti egység vezetői (pl. műszaki vezető, értékesítési vezető, kereskedelmi vezető), 5-en HR munkatársak, 8-an egyéb munkatársak (pl. tanácsadó, üzletkötő).

A kérdőív a vállalati partner cég- és munkavállalói adatain túl rákérdezett a cég üzleti-, továbbképzési- és együttműködési lehetőségeire is.

A 31-ből 23 ipari partner jelölte meg, hogy van náluk belső, munkavállalóknak szóló tanfolyam, illetve továbbképzés. A felsoroltak elsősorban szakmai tanfolyamok, továbbképzések (pl. automatizálás, rendszertechnika, villamos berendezések), 3 nyelvi képzés, 2 informatikai és 5 kapcsolódik soft skilllek fejlesztéséhez (pl. kommunikáció, vezetői készségek fejlesztése).

13 cég fogalmazott meg tanfolyam igényt, ezek mindegyike szakmai jellegű (pl. DDC és PCL programozás, automatizálás, robotika, orvostechnológia, ipari mérés technika, tervező szoftverek).

A 31-ből 20 ipari partner jelezte, hogy villamosmérnökökre volna szüksége.

30 cég lát valamilyen konkrét együttműködési lehetőséget a KVK-val, például a duális és a kooperatív képzés területén. 6-an fogalmazták meg, hogy szívesen alkalmaznának frissdiplomás mérnököket.

13 cég lát valamilyen K+F tevékenységre lehetőséget (pl. ipari elektronikai témakörben, egyedi gépek fejlesztésében, mesterséges intelligencia használatának fejlesztésében az épületautomatizálásban és – üzemeltetésben).

16-an említettek meg olyan tényezőket, amelyek akadályozhatják az együttműködést. Például rugalmatlanság a tantervben, nem feltétlenül felel meg a tanterv a céges / munkaerőpiaci igényeknek, tanárhiány, hallgatói kompetencia- és motivációhiány, időhiány, lassú döntéshozatal, adminisztrációs terhek.

17-en fogalmaztak meg konkrét elvárásokat a KVK-val szemben. Például a Kar által delegált hallgatók rendelkezzenek a feladatok elvégzéséhez szükséges alap tudással, kompetenciákkal; folyamatos legyen a kommunikáció, az információmegosztás; magas színvonalú legyen a képzés; az egyetem töltsön be összekötő (híd) szerepet a hallgatók és a vállalat között; legyenek különböző bemutatkozási lehetőségek.

29-en soroltak fel szakmai kompetencterületeket, szakmai tartalmú elvárásokat a leendő munkavállalókkal szemben. A felsoroltak közül egyaránt szerepeltek hard- és soft skillek. A hard skillek, azaz a szakmai tudás, szakmai ismeretek között szerepeltek például: alap mérnöki ismeretek, automatizálás, forrasztástechnika, programozási ismeretek, PCL programozás, funkcionális biztonság, tervezőprogramok használata.

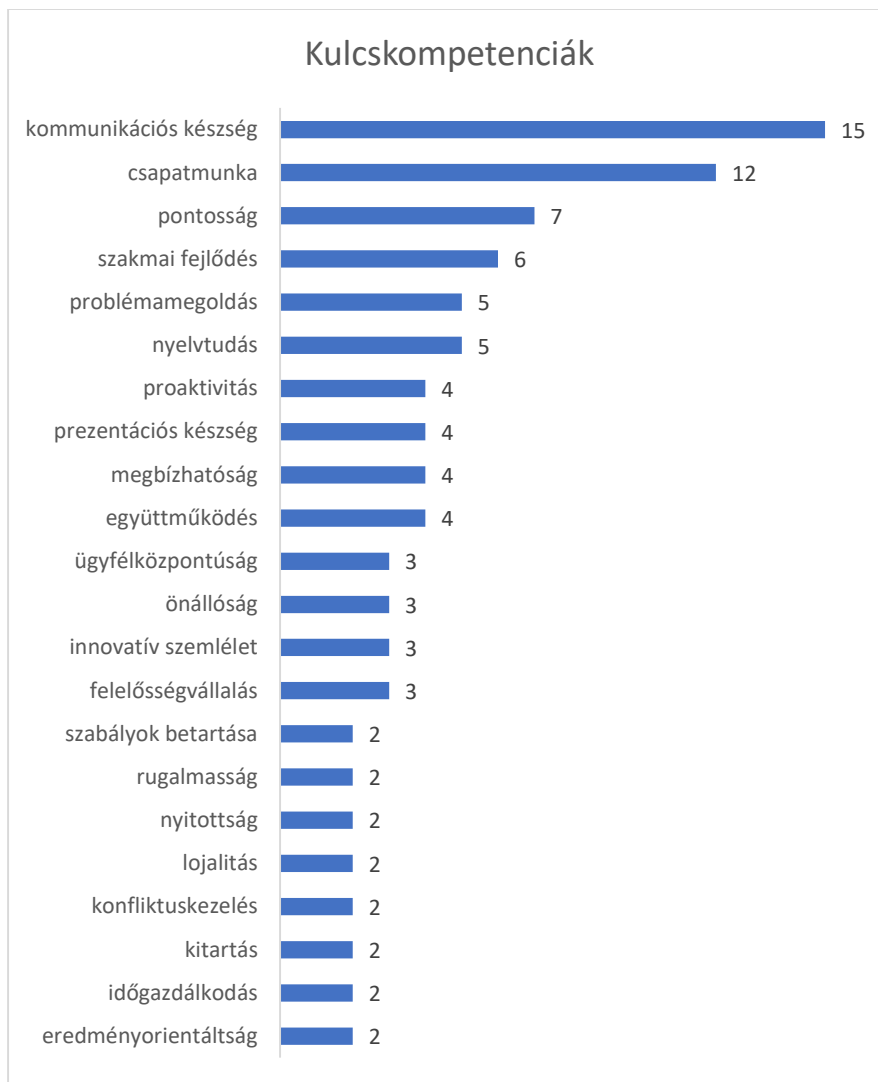
A szakmai kompetencterületek között számos soft skillt is megneveztek a cégek képviselői. A legtöbben a szakmai fejlődés igényét (4 említés), a problémamegoldást (3 említés) és az érdeklődést (3 említés) emelték ki. (1. ábra)



1. ábra: Szakmai kompetenciák – soft skillek (legalább 2 említés esetén)

A vállalatok nyitott kérdésekre adott válaszként felsoroltak olyan nem szakmai készségeket, ún. soft skilleket is, melyek elvárásként merülnek fel a hallgatókkal / frissen végzettekkel szemben.

A kulcskompetenciák tárgykörében 29 vállalat adott választ 48 különböző nem szakmai készséget megnevezve. A legtöbben a kommunikációs készséget jelölték meg (15 említés), ezt követte a csapatmunka (12 említés), a pontosság (7 említés), a szakmai fejlődés (6 említés), a problémamegoldás (5 említés). (2. ábra)



2. ábra: Kulcskompetenciák (legalább 2 említés esetén)

19-en fogalmazták meg a munkavégzéshez szükséges kompetenciákat, 40 különböző soft skillt megnevezve. A legtöbben az önálló munkavégzést írták be (12 említés), ezt követte a problémamegoldás (5 említés), csapatmunka (5 említés), a pontosság (4 említés). (3. ábra)



3. ábra: Munkavégzéshez szükséges kompetenciák (legalább 2 említés esetén)

15-en fogalmaztak meg munkairányítási kompetenciákat, 34 különböző soft skillt megnevezve. A legtöbben a döntési képességet írták be (8 említés), ezt követték a projektekkel kapcsolatos készségek (pl. projektmenedzsment, 6 említés) és a problémamegoldás (4 említés), prezentálási készség (2 említés). (4. ábra)



4. ábra: Munkairányítási kompetenciák (legalább 2 említés esetén)

Összesítve a szakmai kompetenciák, a kulcskompetenciák, a munkavégzéshez szükséges kompetenciák és a munkairányítási kompetenciák között megnevezett soft skilleket az alábbi eredményt kaptuk: a legtöbb munkaadó a jó kommunikációs készséget (19 említés), a csapatmunkát (17 említés) és a pontosságot (17 említés) várja el a leendő munkavállalóktól.



5. ábra: A munkaadók elvárásainak összesítése (soft skillek legalább 3 említés esetén)

9 cég foglalmazott meg egyéb munkaadói véleményt. Néhányat kiemelünk a kapott válaszokból: „Mivel cégünk a versenyszférában tevékenykedik, ezért az együttműködés során kiemelten fontosnak látjuk a gazdasági szempontok lehető legnagyobb súllyal történő figyelembevételét”. „A legfontosabb a problémamegoldási szemlélet, a tanulási készség kialakítása, hogy a munkahelyen gyorsan meg tudja tanulni az illető a szükséges és még hiányzó készségeket. Ebben egyébként jó a Kandó!!!”

Több cég is kifejezte az együttműködési szándékát az egyetemmel.

Összegzés

Tanulmányunkban munkaadói kompetenciaigényeket vizsgáltunk egyetemi vállalati partnerek körében. Szakirodalmi források alapján mutattuk be a soft skillek sokszínűségét és jelentőségét a munkaerőpiacon. Kérdőíves kutatásunkban azokat a munkavállalói tulajdonságokat vizsgáltuk, amelyek szükségesnek bizonyulnak a munkaerőpiacon. Megállapítottuk, hogy a munkaadók különösen fontosnak tartják a szakmai fejlődést, a kommunikációs készséget, a problémamegoldást, az önálló munkavégzést és a döntési képességet/készséget. A felsőoktatás egyik fontos feladata e készségek fejlesztése. A kutatás a releváns munkaadói kompetencia igények feltérképezésével hozzájárul egyetemünk új képzési programjainak kidolgozásához és indításához, továbbá a többszintű- és átjárható képzési struktúra kialakításához. Az eredmények tanulságosak lehetnek az oktatási készségkínálat fejlesztéséhez, a kritikus hiányok beazonosításához is.

Irodalomjegyzék

- [1] Bodnár É. – Csillik O. – Daruka M. – Sass J.: Varázsszer-e a tükrözött osztályterem? Budapesti Corvinus Egyetem, Budapest, 2017.
- [2] Molnár Gy. – Orosz B. – Nagy K.: Current Issues and Possible IT Solutions for Digital Competence Development. In: Turčáni M. – Balogh Z. – Munk M. – Magdin M. – Benko L. – Francisti J. (szerk.): DIVAI 2022,

14th International Scientific Conference on Distance Learning in Applied Informatics, Párkány, Szlovákia, 2022. pp. 267-276.

[3] Bajzát T.: A mérnökök kommunikatív és interkulturális kompetenciája: elvárások és felkészítés. PhD értekezés. Pécsi Tudományegyetem, Pécs, 2010.

[4] Engler Á.: A szociális kompetencia fejlesztése. *Magiszter*, 2004. 2. sz. pp.13-31.

[5] Híves T.: Munkaadói elvárások megjelenése az álláshirdetésekből. In: Berde É. – Czenky K. – Györgyi Z. – Híves T. – Morvay E. – Szerepi A. (szerk.): *Diplomával a munkaerőpiacon*. Felsőoktatási Kutatóintézet, Budapest, 2006. pp.73–87.

[6] Ablonczyné M. L. – Tompos A.: Gazdasági szaknyelvi kommunikációs modell. In: Silye M. (szerk.): *Porta Lingua – 2007*. Szaknyelvtanításunk – határokon átfelölő híd. Debreceni Egyetem, Debrecen, 2007. pp.115-122.

[7] Kiss P.: Diplomás kompetenciaigény és munkával való elégedettség. In: *Diplomás pályakövetés IV. Frissdiplomások 2010*. Educatio, Budapest, 2010. pp.105-130.

[8] Daruka M.: Miért van szükség az innovációk különböző fajtáira a felsőoktatásban? In: Bodnár É. – Csillik O. – Daruka M. – Sass J. (szerk.): *Varázsszer-e a tükrözött osztályterem?* Budapesti Corvinus Egyetem, Budapest, 2017. pp.6-13.

[9] Dombi E.: A „puha készségek” (soft skills) fejlesztése és a pályaszocializáció fontossága. In: Döbör A. – Juhász V. (szerk.): *A nem kognitív készségek fejlesztése a munkaerőpiaci igények tükrében*. Szegedi Egyetemi Kiadó, Juhász Gyula Felsőoktatási Kiadó, Szeged, 2019. pp.19-23.

[10] Bennett, N. – Dunne, E. – Carré, C.: *Patterns of Core and Generic Skill Provision in Higher Education*. Higher Education, 1999. 37. pp.71–93.

[11] Gallivan, M.J. – Truex, D.P. – Kvasny, L.: *Changing Patterns in IT Skill Sets 1998–2003: A Content Analysis of Classified Advertising*. Database for Advances in Information Systems, 2004. 35. pp.64-86.

[12] Beard, D. – Schwieger, D. – Surendran, K.: *Incorporating Soft Skills into Accounting and MIS Curricula*. In: *Proceedings of the 2007 ACM SIGMIS CPR Conference on 2007 Computer Personnel Doctoral Consortium and Research Conference: The Global Information Technology Workforce*. St. Louis, MO: ACM, 2007. pp.179-185.

[13] Chamorro-Premuzic, T. – Furnham, A.: *Self-Assessed Intelligence and Academic Performance*. Educational Psychology, 2006. 26(6), pp.769-779.

[14] Schulz, B.: *The Importance of soft skills: Education beyond academic knowledge*. NAWA Journal of Language and Communication, 2008. 2/1. pp.146–154.

[15] Conlon, E.: *The New Engineer: Between Employability and Social Responsibility*. European Journal of Engineering Education, 2008. 33 (2) pp.151-159. doi: 10.1080/03043790801996371

[16] Kolmos, A.: *Future Engineering Skills, Knowledge and Identity*. In: Christensen et al. (eds): *Engineering Science, Skills, and Bildung*. Aalborg University, Denmark, 2006. pp.165-186.

[17] Lappalainen, P.: *Communication as part of the engineering skills set*. European Journal of Engineering Education, 2009. 34. pp.123-129. doi: 10.1080/03043790902752038

[18] Williamson, J.M. – Lounsbury, J.W. – Hanc, L.D.: *Key personality traits of engineers for innovation and technology development*. Journal of Engineering and Technology Management, 2013. 30 (2) pp.157–168. doi: 0.1016/j.jengtecman.2013.01.003

[19] Pogátsnik M.: *A problémamegoldó képesség vizsgálata mérnökhallgatók körében*. In: Hideg G. – Simándi Sz. – Virág I. (szerk.): *Prevenção, intervenção e compensação*. Debreceni Egyetemi Kiadó, Debrecen, 2020. pp.281-301.

[20] Sanda, I. D.: *Szociális készségfejlesztés leendő mérnököknek*. Óbudai Egyetem Trefort Ágoston Mérnökpedagógiai Központ, Budapest, 2019.

[21] Kersánszki, T. – Nádai, L.: *The Position of STEM Higher Education Courses in the Labor Market*. In: *International Journal of Engineering Pedagogy*, 2020. 10(5) pp.62-76.

- [22] Schomburg, H.: The professional success of higher education graduates. *European Journal of Education*, 2007. 42. 35–57. doi: 10.1111/j.1465-3435.2007.00286.x
- [23] Direito, I. – Pereira, A – Olivera Duarte, A.M.: Engineering Undergraduates' Perceptions of Soft Skills: Relations with Self-Efficacy and Learning Styles. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 2012. 55. pp.843-851. doi: 10.1016/j.sbspro.2012.09.571
- [24] Berglund. A. – Heintz, F.: Integrating Soft Skills into Engineering Education for Increased Student Throughput and more Professional Engineers. *Proceedings of LTHs 8:e Pedagogiska Inspirationskonferens (PIK)*, Lunds University, Lund, Sweden, 2014.
- [25] Holik I. – Kersánszki T. – Sanda I. D.: A soft skilllek jelentősége és fejlesztési lehetőségei a mérnökképzésben. In: Engler Á. – Bocsi V. (szerk.): *Új kutatások a neveléstudományokban 2020. : Család a nevelés és az oktatás fókuszában*. MTA Pedagógiai Tudományos Bizottság, Debreceni Egyetem, Debrecen, 2021. pp.198-213.
- [26] Horváth-Csikós G. – Juhász T.: A puha (soft) és a kemény (hard) készségek munkaerőpiaci szükségessége. *Educatio*, 2021. 30 (3), pp.532–542. (2021)DOI: 10.1556/2063.30.2021.3.13

Markella Zsolt, Papp József: Vajon az énhatékonyság és a motiváció mennyire befolyásolja az elsőéves villamosmérnök hallgatók lemorzsolódását?

Óbudai Egyetem, Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar, Elektronikai és Kommunikációs Rendszerek Intézet, Műszertechnikai és Automatizálási Tanszék 1084 Budapest Tavaszmező utca 17 markella.zsolt@kvk.uni-obuda.hu, papp.jozsef@kvk.uni-obuda.hu

Absztrakt: Évek óta azt tapasztaljuk, hogy bármit is teszünk a hallgatók eredményei nem hogy javulnának, folyamatosan romlanak. A tanulást segítő anyagok elkészítése és a követelmények folyamatos átalakítása sem hozott eredményt, maximum a lemorzsolódás növekedését állították meg. Saját indíttatásból elkezdtünk egy felmérés sorozatot a hallgatók motiváltság/énhatékonyság/tanulási stílus felmérésére. Ebben a tanulmányban ezeket a felméréseket és az első eredményeket mutatjuk be.

Kulcsszavak: lemorzsolódás, énhatékonyság, motiváció, kérdőív, mérés

Előzmények

“A lemorzsolódást csökkenteni kell!” Hallatszik néhány éve - egyre erősebben - a magyar felsőoktatás különböző szegmenseiből, résztvevőitől. Sok helyen kíváncsian, van ahol követelményként, akár utasításként fogalmazódik meg! Pedig ezzel nyilván minden tanár foglalkozik, hiszen ki ne szeretné az ismeret-átadás/kompetencia közvetítésének hatásfokát 100%-ra emelni. Hamar beláthatjuk, hogy ez a maximum pusztán elméleti jellegű érték és a valóságban - nyilván hallgatótól függő mértékben - jóval kisebb lehet. Ha végig gondoljuk, hogy a lemorzsolódás - melyet hatásfokkal is szemléltethetünk - hogyan csökkenthető, akkor számos megvalósítási lehetőség áll előttünk. A legegyszerűbb módszer nyilván az oktatási színvonal csökkentése. Hosszabb távon azonban ennek súlyos következményei lehetnek a képzési kimeneti kompetenciák elsajátítása terén, az egyetem reputációjában történő csökkenésben - az alkalmatlan végzősök miatt. A változtatás után rövid időn belül aztán a hallgatók alkalmazkodnak a csökkentett oktatási színvonalhoz, így a lemorzsolódás problémája ismét felszínre kerül. Egy kissé bonyolultabb megoldás, ha a hallgatók által teljesítendő követelményeket a tanterv szintjén módosítjuk. Nevezetesen a tárgy teljesítéseként előírt vizsgán szerezhető érdemjegy helyett például, félévközi jegyes értékelést alkalmazunk. Lehetőségként felmerül még a zárthelyi dolgozatok számának és időtartamának csökkentése is. Bonyolultabb, időigényesebb, de a legprecízebbnek tűnő megoldás azonban az, ha a félév elején felmérjük hallgatóink kompetencia szintjét, megvizsgáljuk motivációjuk és tanulási stílus profiljukat, kivizsgáljuk énhatékonyságukat. Ezeket kérdőíves felméréssel tehetjük meg és a kérdőívek kiértékelése alapján lehet meghatározni a beavatkozási pontok helyét és mélységét. Ezzel a lehetőséggel szeretnénk a továbbiakban élni ami arról szól, hogy a hallgatók felmérése után egyértelműen meghatározható lehet, milyen oktatás didaktikai megoldásokat szükséges alkalmazni annak érdekében, hogy az eredetileg meghatározott oktatási színvonal csökkenése nélkül próbáljuk meg, a lemorzsolódást mértékét csökkenteni és így a hatékonyságot növelni.

Háttér

Mi a motiváció?

“Az ember mindig valamilyen cél elérése érdekében cselekszik – akkor is, ha azt választja, épp nem cselekszik semmit. Minden tevékenységet a motiváció, ösztönzés, késztetés idéz elő. A motiváció maga ebből adódóan gyűjtőfogalom: minden olyan kiváltó tényezőt magába foglal, amely az egyént (nem) cselekvésre sarkallja. Ezen felül vonatkozik arra is, hogy a személyek mi alapján választják ki céljaikat és milyen módon tervezik elérni azokat. Az egyén teljesítménye jelentősen függ a motiváltsági szintjétől. Ha a” teljesítményt “kiváltó tényező forrása az egyén személyiségéből adódó, belülről fakad, belső motivációról beszélünk. Ha a kiváltó forrás az egyén környezetéből származó, egyénre ható, akkor külső motivációról beszélünk. A belső motiváció hosszú időn keresztül fenntartható: belső megerősítéstől függ, az egyén attitűdje, vágyai szabályozzák. A külső motiváció rövidebb ideig fenntartható, munkakörnyezetben a munkáltatótól érkező impulzusok vezérlik, folyamatos megerősítést igényel.” Mivel minden személynek egyedi a motivációs profilja, “ezért nehéz nagyon általános, magasszintű ismérvek mentén minden” hallgatót “kategóriába besorolni, egy adott elmélet mentén. A motiváció minél pontosabb megismerése, azonosítása azért is fontos, hogy azokra minél célzottabb eszközökkel hathasson az” oktató. [10]

“A tanulási motiváció összetevőit Kozéki Béla 1980-ban kiadott, A motiválás és a motiváció összefüggéseinek pedagógiai pszichológiai vizsgálata című könyvében írta le. Ennek alapján a tanulási motivációnak a következő három dimenzióját különítjük el.” [15]

“Követő (affektív, szociális) dimenzió: A motiváció azon dimenziója, mely az érzelmi és szociális kapcsolat hatását mutatja.” [15]

“Érdeklődő/kognitív dimenzió: A motivációt támogató összetevő, mely a hallgató tananyag iránti érdeklődésének mértékét mutatja.” [15]

“Teljesítő/morális dimenzió: A teljesítő dimenzió a tanulási motivációt a normaalakítás jellegzetességei felől közelíti meg.” [15]

Mi az énhatékonyság?

“Az énhatékonyság fogalmát Rotter (1954) vezette be, majd az elméletet Bandura (1994) fejlesztette tovább.[18] Bandura (1992) szerint az énhatékonyságnak erősebb bejósoló ereje van a viselkedésre nézve, mint a remény két komponensének. Hangsúlyozza, hogy a személyes hatóerő mechanizmusainak jelentős szerepe van saját működésünk sikerességében, illetve a tanulmányi sikeresség megítélésében is.” [11]

“Az észlelt énhatékonyság az emberek véleménye saját képességeikről arra vonatkozóan, hogy egy kijelölt teljesítményszintet el tudnak-e érni. [16] [17] Az énhatékonysági vélekedések befolyásolják, hogy hogyan érznek, gondolkodnak az emberek, hogyan motiválják magukat, és miként viselkednek különböző helyzetekben. Az észlelt énhatékonyság befolyásolja az egyének tevékenységválasztását és a különböző helyzetekben tapasztalható viselkedéses késztetést, valamint azt, hogy mekkora erőfeszítést tesznek egy-egy feladattal kapcsolatban és milyen hosszan tartanak ki, kiemelten az akadályokkal és a negatív tapasztalatokkal szemben.” [3]

“Az énhatékonyság a hallgatók tanulásának és teljesítményének magyarázatában fontos konstruktumnak tekinthető [21]. Minél inkább úgy gondolja egy hallgató, hogy képes teljesíteni a

tanulmányi követelményeket, annál sikeresebb lesz. Ez tekinthető egy önmagát folyamatosan fejlesztő körforgásnak is. [22] A hallgatók észlelt énhatékonysága direkt és indirekt (a kitartás fokozása által) módon is befolyásolja a készségek elsajátítását [20] [21]. A direkt hatás arra utal, hogy az észlelt énhatékonyság ugyanúgy képes befolyásolni a hallgatók tanulási stratégiájának megválasztását, mint a motivációs folyamatok [24]. Azok azonban, akiknek kétségeik vannak önmagukkal és képességeikkel kapcsolatban, igyekeznek távol tartani magukat a számukra nehéznek ítélt feladatoktól [19]. Amikor azonban mégis nehéz feladattal kell szembenézniük, leköti energiájukat a személyes nehézségeikkel való foglalkozás, a lehetséges akadályozó tényezők és a kedvezőtlen kimenetel mérlegelése [19], melynek eredményeként kisebb erőfeszítést tesznek, gyorsabban megelégednek alacsonyabb szintű teljesítménnyel, idő előtt megszakíthatják a próbálkozást [19] [23]. Sikertelenség után lassan nyerik vissza hatékonyságérzetüket. Jellemző rájuk, hogy céljaik megvalósítását befolyásolja alacsony szintű törekvésük és gyenge elköteleződésük. [19]” [3]

A vizsgálat célja

Vizsgálatunk célja a hallgatók motivációinak mélyebb megismerése, hiszen ez egy olyan vonatkoztatási érték, amely a hallgatók életében jelen van, nemcsak specifikus tantárgy esetén hanem általában véve az egyetemi tanulmányokkal kapcsolatosan. Ennek eredményeképpen feltehetően támpontokat kapunk motiválatlanság mértékére, amely szerintünk a lemorzsolódás problémájának differenciált kezelésére adhat eszközt a kezünkbe, illetve hatékony beavatkozási formákat azonosíthatunk általa. Célunk egy olyan megbízható mérőeszköz kidolgozása - amit nevezhetünk algoritmusnak is - amely megbízhatóan alkalmazható az egyetemi tanulmányok kezdetén, ahhoz hogy meg tudjuk határozni a lemorzsolódás várható mértékét, annak csökkentéséhez szükséges beavatkozási pontokat és azok mélységét.

Hipotézisek

A vizsgálat elvégzése előtt az alábbi hipotéziseket állítottuk fel!

H1: hipotézisünk szerint a hallgatók felvételi pontszáma gyenge korrelációban van teljesítményünkkel. Ez a mi esetünkben azt jelenti, hogy nem jelenthető ki egyértelműen, hogy azok a hallgatók, amelyek minimum pontszámmal kerültek be az egyetemre, ne tudnák teljesíteni azokat a feltételeket, amelyeket az oktatók a tantárgy teljesítéséhez támasztanak velük szemben. Magyarán, nem azok a hallgatók fognak egyértelműen lemorzsolódni, akik minimum vagy a minimumhoz közeli pontszámmal kerültek a képzésre.

H2: a második hipotézisünk szerint, egyértelműen azonosítható olyan - a motivációs érték dimenzióinak, illetve motívumainak valamiféle felhasználásával készíthető - algoritmus, mely előre jelezheti a lemorzsolódás mértékét, abban az esetben, ha az oktatás folyamatába nem történik változtatás.

H3: a harmadik hipotézisünk szerint, egyértelmű kapcsolat van a hallgatói énhatékonyság értékének és a hallgatók egyetemi teljesítménye között, amely a jobb érdemjegyek, az önálló feladatvégzés és a céltudatos hallgatói karrier kiépítésében nyilvánulhat meg.

A vizsgálat körülményei

A vizsgálat eredményeinek ismertetése előtt, fontos leszögezni, hogy jelen tanulmány - egy több évre kiterjedő kutatás első fázisának állapotát kívánja közreadni. A kutatásnak nem célja a vizsgált célcsoport énhatékonyság és motiváció pszichológiai okainak feltárása, a feltárt okok elemzése. Kiterjedt irodalomkutatás alapján alapvetően elfogadjuk, hogy az énhatékonyság és a motiváció között jelentős kapcsolat van. Ezt a tényt a vizsgálatban nem kívánjuk bizonyítani, csak felhasználni a kívánt cél elérése érdekében.

A vizsgálati minta

Jelen vizsgálat a Óbudai Egyetem Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar Műszertechnikai és Automatizálási Tanszékén folyó kutatás része - melynek központi témája a villamosmérnök hallgatók lemorzsolódásának lehetséges kapcsolata a hallgatók motivációs profiljával és énhatékonyság értékeivel.

A vizsgálatot a Műszertechnikai és Automatizálási Tanszék vezetőjének tájékoztatáson alapuló beleegyezésével és engedélyével végeztük. A kutatás tényleges célját előzetesen közöltük a tanszékvezetővel, de a hallgatókat csak utólag tájékoztattuk arról, hogy a kérdőívvel milyen területeket szeretnénk vizsgálni, hogy ne befolyásoljuk a válaszadásukat. [1]

A vizsgálatban az 1. féléves - levelező és nappali tagozatos - Bsc. villamosmérnök hallgatókat vontuk be. (N=153) A kutatásban önkéntesen 56 levelező és 97 nappali tagozatos hallgató vett részt. A képzés műszaki jellegéből adódóan a lányok aránya erősen alulreprezentált, így a nemi különbségeket nem vizsgáltuk!

A vizsgálati minta jellemzőit az 1., 2. és 3. táblázatban közöljük. A vizsgálatban résztvevő 153 fő 34,64%-a gimnáziumi érettségivel, 13,73%-a szakgimnáziumi érettségivel, 39,87%-a érettségivel és technikus oklevéllel, 11,76%-a főiskolai, vagy magasabb végzettséggel rendelkezett. Megjegyeznénk, hogy a diplomások 100%-a levelező tagozaton hallgató! A vizsgálati személyek 63,4%-a valamilyen formában foglalkoztatott volt, míg 36,6%-a egyáltalán nem dolgozott. A résztvevők 39,87%-a felvételi pontjait tekintve 400 pont fölöttivel, 33,33%-a 350 és 400 közöttivel, 20,26%-a 300 és 350 közöttivel, 5,88%-a 300 pont alattal rendelkezett.

1 táblázat
Legmagasabb iskolai végzettség

Gimnázium	34,64%
Szakgimnázium	13,73%
Technikum	39,87%
Bsc, Msc, vagy magasabb	11,76%

2 táblázat
Tanulás melletti munkavégzés

Dolgozik	63,4%
Nem dolgozik	36,6%

3 táblázat
Felvételi pontszám

400 pont fölött	39,87%
350-400 közötti	33,33%
300-350 közötti	20,26%
300 alatti	5,88%

Eljárás és mérőeszközök

A vizsgálatban az 1. féléves - levelező és nappali tagozatos - Bsc. villamosmérnök hallgatókat célozta meg, ezért a kérdőív az általuk gyakran használt moodle felületen került megosztásra. Az anonim kérdőíveket 2022 szeptemberében, otthoni körülmények között - online formában töltötték ki a hallgatók. A kitöltés nem volt kötelező! A kérdőívek kitöltésére vonatkozó utasításokat a vizsgálat előtt laboratóriumi órán szóban elmagyaráztuk, hogy a hallgatók megértsék a kérdőívek kitöltésének szabályait. Emlékeztettük őket a kérdőív teljes körű kitöltésének és az őszinte válaszadás fontosságára. A kérdőív kitöltése átlagosan 15-20 percet vett igénybe. Az adatokat az SPSS 27.0 szoftver segítségével elemeztük. [1]

A felméréshez Kozéki és Entwistle 1986-ban kidolgozott „Az iskolai motiváció vizsgálata” kérdőívét használtuk. [13] A készítőik hatvan itemet fogalmaztak meg, amelyeket három területen/dimenzió (követő, érdeklődő, teljesítő) tíz motívumba csoportosítottak.[13] “Mindegyik terület három-három motívum csoportot foglal magában.” [14]

A *követő*, vagy más néven affektív dimenzió a hallgató és az oktató kapcsolatát jellemzi. A dimenziót három motívum alkotja: a melegség (M1; gondoskodás, érzelmi melegség szükséglete), az identifikáció (M2; az oktatók részéről történő elfogadás), és az affiliáció (M3; az azonos korúakhoz való tartozás igénye).

Az *érdeklődő*/kognitív dimenzió az együttműködés, az közös aktivitás szükségleteit fejezi ki. A dimenziót alkotó motívumok: az independencia (M4; a saját út követésének igénye), a kompetencia (M5; a tudásszerzés szükséglete) és az érdeklődés (M6; a kellemes közös aktivitás iránti igényt).

A *teljesítő* (morális) dimenziót a lelkiismeret (M7), a rendszükséglet (M8; az értékek követésének szükséglete - itt elsősorban az értékek elfogadásának, a “kölcsonös bizalmon és tiszteleten alapuló feladat teljesítésének a fontossága kerül előtérbe.” [14]) és a felelősség (M9; morális személyiség és magatartás szükséglete) motívumok alkotják. [14] A tizedik motívum, mely egyik dimenzióba sem tartozik a presszióérzés (M10), azaz annak érzése, hogy az oktatók “megértés nélkül és teljesíthetetlenül sokat követelnek.” [13]

Az énhatékonyság mérésére az Általános Énhatékonyság Skála (General Self-Efficacy Kopp, Schwarzer és Jerusalem, 1993) magyar változatát alkalmaztuk.[5] “Az általános énhatékonyság a különböző stresszhelyzetekkel való hatékony megküzdés nyomán fellépő átfogó és stabil kompetenciaérzés mérésére szolgál.” [11] A kérdőív 10 itemet tartalmaz (pl. „Biztos vagyok benne, hogy jól tudok boldogulni a váratlan helyzetekben.”), melyek értékelése négyfokú

Likert-skálán történik (1=egyáltalán nem jellemző – 4=teljesen jellemző). Fordított itemet nem tartalmaz. “A magasabb pontszám a kitöltő magasabb énhatékonyságát jelzi.”[11]

Az eredmények kiértékelése

Az általános háttér kérdések esetében a teljes-, és rész mintán is elvégeztük a kiértékelést, míg a motivációs kérdőív esetén a teljes vizsgálati mintát felosztottuk levelező és nappali tagozatos csoportokra és a kiértékelést ezen a csoportokon végeztük el. A 4. táblázat a vizsgálatunkba bevont hallgatók motívumainak nyerspont átlagait és standard szórásait mutatja. A háttértényezők függvényében a motiváció érdeklődő dimenziójának vizsgálata - az egyes részminták vonatkozásában - a későbbi lemorzsolódásra vonatkozóan rejthet összefüggést, “amely támpontot nyújthat ahhoz, hogy” meg tudjuk határozni, hogy “milyen sajátosságokkal rendelkező csoportoknál” szükséges a hallgatók motivációjának oktató általi támogatása - egyéni fejlesztéssel, lelkesítéssel, pozitív visszacsatolású támogatással és mely csoportoknál célszerűbb önálló egyéni, vagy csoportmunka bevezetése. [14] Fontos kiemelni, hogy a kérdőív kitöltése önkéntes alapon zajlott, ezért szinte biztosra vehető, hogy az eredményeink pozitív torzítást tartalmaznak, azaz pozitívabb kép alakult ki a felmért személyekről, mint az a valóságban tapasztalható! Számokban ez azt jelenti, hogy a 153 hallgató, aki kitöltötte a kérdőívet a teljes évfolyam 45%-a. Feltételezhető tehát, hogy az aktívabb, motiváltabb hallgatók vettek részt a vizsgálatban. Az motiváció 3 dimenziójának átlagértékét és szórását mutatja a táblázat. A számokból látható, hogy a levelező tagozaton tanuló hallgatók érdeklődési dimenziójának értéke magasabb, mint a nappali tagozaton tanuló társaiké. Erre a kiegészítő adatok adhatnak választ. A levelező tagozat hallgatóinak, akik részt vettek a vizsgálatban 30%-a rendelkezik felsőfokú végzettséggel. Ebből arra következtethetünk, hogy határozott szándék vezérli őket abban, hogy visszaültek az iskolapadba tanulni. Ráadásul jelentős részük költségtérítéses képzésen vesz részt, amely tovább növeli a motivációs értékeket. Megjegyeznénk, hogy a teljes minta 63%-a az egyetemi tanulmányai mellett dolgozik (alkalmanként, vagy folyamatosan), amely támogatja a motivációt, hiszen pontosan látja, hogy hogyan boldogul a munkaerőpiacon és milyen kompetenciákra lesz szüksége a továbblépésre.

4 táblázat

Motívumok nyerspont átlagait és standard szórásai

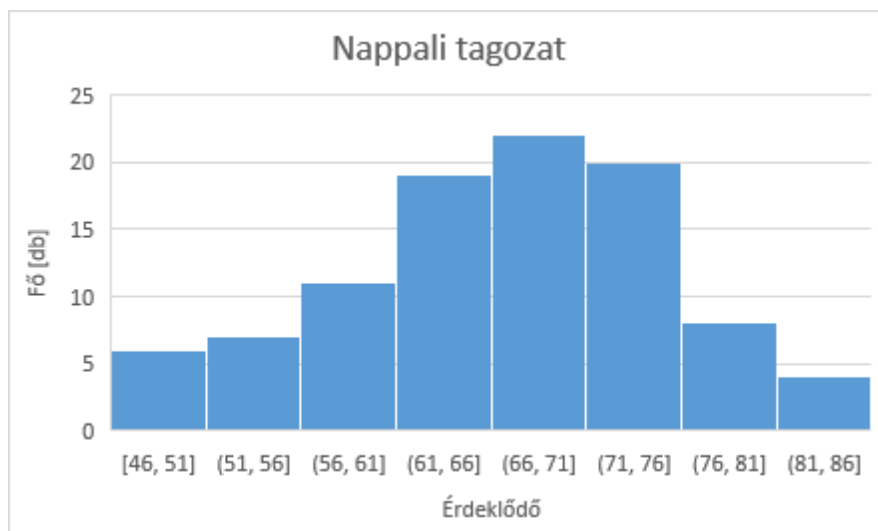
	Teljes minta		Nappali		Levelező	
	átlag	szórás	átlag	szórás	átlag	szórás
KÖVETŐ	69,22	8,81	69,58	8,17	68,59	9,94
ÉRDEKLŐDŐ	67,91	8,81	66,96	8,73	69,55	8,87
TELJESÍTŐ	75,01	8,80	74,48	8,78	75,93	8,93

Megvizsgáltuk hogy az érdeklődő érték milyen kapcsolatban áll a hallgatók felvételi pontszámával. Az eredményeket az 1. ábrán láthatjuk. Igen érdekes eloszlást kaptunk, amely egyben akár rámutathatna arra az alapvetően ismert tényre, hogy a magasabb pontszámmal érkező hallgatók motiváltabbak, hiszen ők pontosan tudják milyen szakra jöttek és miért. Ez a feltételezés a kiértékelt adatok alapján nem bizonyult igaznak. A teljes mintára vonatkoztatott értékek alapján a legmotiváltabb csoport éppen az, amelyiket legkevésbé várnánk ugyanis ezen hallgatók 300 pont alatti felvételi pontszámmal rendelkeznek. Mellékesen megjegyeznénk, hogy a teljes minta jelentős hányada levelező képzésre jár és a levelező képzésen tanuló hallgatók jóval motiváltabbak, mint a nappali tagozaton tanuló társaik és jelentősen alacsonyabb pontszámmal

kerülnek a képzésre. Így tehát ez az érték nem meglepő. Ami viszont meglepett minket, hogy a csökkenő felvételi pontszám nem társul csökkenő motivációs értékkel, hanem az adatok alapján az látható hogy azok a hallgatók akik 350 és 400 pont között érkeztek azok a legmotiválatlanabbak, tehát várhatóan körükből fognak a legtöbbben lemorzsolódni. Ha megnézzük a nappali tagozatra vonatkoztatott motivációs érték hisztogramamot (2. ábra), akkor azt találjuk, hogy a vizsgálatban résztvevő személyek kb. 30%-a az átlag értékhez képest is alulmotivált, ami a mi esetünkben azt jelentheti, hogy az átlag motivációs érték 80%-át sem éri el. A korábbi évek lemorzsolódásainak átlagértéke is 30% körül alakult. Ugyanezt a jelenséget figyelhetjük meg a levelező tagozatra készített motivációs érték hisztogram (3. ábra) esetében is. Ellenben ebben az esetben csak a vizsgálatban részt vevő hallgatók kb. 20%-a esik a nyolcvan százalékos átlag motivációs érték alá. Az elmúlt évek lemorzsolódási statisztikái 20%-os értéket mutatnak levelező tagozat esetén. Bizakodóak vagyunk a tekintetben, hogy a hosszabb távú idősorok alkalmasak lehetnek egy előrejelző algoritmus készítésére a motivációs értékek felhasználásával. Ennek segítségével a lemorzsolódás mértékét előre tudnánk majd jelezni. Természetesen az előrejelzés akkor válik valósággá, ha a korábbi éveknek megfelelő oktatás didaktika módszereken nem változtatunk. Az értékek birtokában pontos képet kapunk arról, hogy melyik hallgatói csoportnak kell módosított oktatási struktúrát biztosítani, azért hogy motivációjukat növeljük és képesek legyenek a tárgy feltételeinek megfelelni.

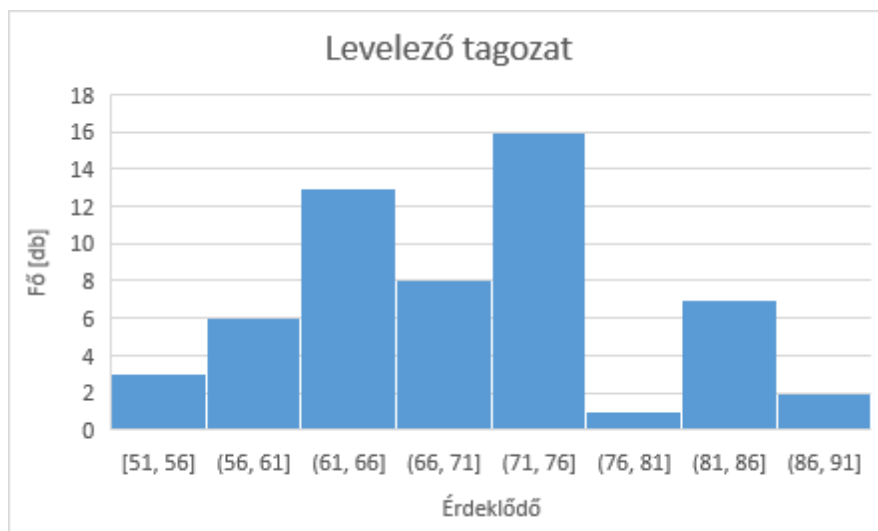


1 ábra
Érdeklődés felvételpontszám szerinti eloszlása



2 ábra

Nappali tagozatra vonatkoztatott érdeklődés hisztogramja



3 ábra

Levelező tagozatra vonatkoztatott érdeklődés hisztogramja

Összegzés

Ebben a tanulmányban bemutatott vizsgálat egy hosszabb, akár több évre kiterjedő kutatás első fázisa. Így igazából csak és kizárólag rész-következtetéseket, rész-összegzéseket lehet megfogalmazni az eredmények tükrében. Az első és talán egyik legfontosabb elem ebben a tekintetben, hogy a kérdőív kitöltését nem tettük kötelezővé, így a kapott eredmény valószínűsíthetően pozitív irányba torzított értékeket mutat. Ezt a közeljövőben úgy fogjuk javítani, hogy a kérdőív kitöltést kötelezővé tesszük a hallgatók számára. Sőt a nyomkövetés biztosítása érdekében, illetve a félévről-félévre történő változás kimutathatósága érdekében - minden félév elején el fogjuk végezni az összegzést.

Az adatokból egyértelműen kitűnik, hogy bizonyíthatóan magasabb a levelező képzésre járók motivációja, mint a nappali tagozaton résztvevő hallgatóké. Ennek hátterében az alábbi okok állhatnak. A levelező képzésen a hallgatók komoly részének már van egyetemi diplomája, munka mellett ülnek vissza a padokba tanulni. Sőt, nagyrésztük a képzésért fizet is, tehát költségtérítéses képzésen vesz részt. Ezek mind olyan elemek amelyek felfelé hajtják a motivációs értéket. Ezeket az okokat nappali tagozaton nem találjuk. Mindazonáltal az eredményekből arra is következtethetünk, hogy azoknak a nappali tagozatos hallgatóknak a motivációja magasabb, akik dolgoznak akár átmeneti jelleggel is időszakosan, mint azok akik csak és kizárólag nappali tagozatos hallgatók. Fontos megjegyezni, hogy nem találtunk érdemi kapcsolatot a hallgatói felvételi pontszám és a motivációs értékek között. Sőt levelező képzésen az alacsony felvételi pontszám mellett is lehet nagyon magas a hallgató motivációs értéke. Így, tehát nem állja meg a helyét az a kijelentés, hogy a magasabb pontszámmal érkező hallgatók motiváltabbak. Igazság szerint van olyan csoport, ahol az alacsonyabb pontszámmal érkezőknek magasabb a motivációs értéke, mint az átlag, így ebből arra is következtethetünk hogy nem is feltétlen az alacsonyabb pontszámmal érkező hallgatók fognak először lemorzsolódni.

Felhasznált irodalom

- [1] Szabó Éva, Zsadányi Zsuzsa, Szabó Hangya Lilla: Ki szeret iskolába járni?; IN: Iskolakultúra 2015, 25(10): 5-20. o.
- [2] Fényzárósi Éva, Sallay Viola, Matuszka Balázs, Martos Tamás: Munkával kapcsolatos motivációk és elégedettség - személyorientált elemzés; Magyar Pszichológiai Szemle 2018, 73(¾) 411-434. o.
- [3] Nagyné Hegedűs Anita: Énhatékonyság - iskola - teljesítmény; Szegedi Tudományem 2014, Juhász Gyula Pedagógusképző Kar.
- [4] Nagy Zsuzsanna: A dolgozói elégedettség, mint a szervezet versenyképességének meghatározója; In: Marketing&Menedzsment 2004, (5): 24-35. o.
- [5] Lőrincz Anna Kata: Az önértékelés és az énhatékonyság összefüggései a családi szocializációs tényezőkkel; In: Impulzus 2020, (6-7): 1-17. o.
- [6] Koltói Lilla: Észlelt hallgatói kompetenciák; In: Felsőoktatási Műhely 2014: 81-92. o.
- [7] Jámборi Szilvia, Horváth M. Tünde, Harsányi Szabolcs Gergő: Az internetes kapcsolatokban való nyitottság összefüggése az észlelt társas támással és az énhatékonysággal; In: Alkalmazott Pszichológia 2016, 16(2): 19-36. o.
- [8] Nótin Ágnes, Páskuné Kiss Judit, Kurucz Győző: A tantárgyi szorongás kérdőív bemutatása; In Alkalmazott Pszichológia 2015, 15(4): 109-131. o.
- [9] Fejes József Balázs, Vígh Tibor: A célorientációk megismerésére alkalmas kérdőív fejlesztése klasszikus és valószínűségi tesztelmélet felhasználásával; In Magyar Pedagógia 2012, 112(1): 93-123. o.
- [10] URL: A motivációs skillek felmérése és a kapcsolódó fejlesztő módszertan, a karrier váltás soráun bekerülő új 50 év feletti kollégák fogadása kapcsán. <<https://ivsz.hu/wp-content/uploads/2021/07/ivsz-ginop-5-3-5-motivacios-skillek-felmerese-es-a-kapcsolodo-fejlesztto-modszertan.pdf>> (2022. 05.10)
- [11] Jámборi Szilvia, Kőrössi Judit, Szabó Éva: A reziliencia, az énhatékonyság és az iskolai kötődés szerepe a szándékos önszabályozás folyamatában; In Magyar Pedagógia 2019, 119(1): 75-94. o.
- [12] G. Farkas és Éva Málovics, „Énhatékonyság-elvárás mérése magyar vállalkozók reprezentatív mintáján”, taylor, köt. 9, sz. 2, o. 161–167, jan. 2017.
- [13] Csibi Mónika: A tanulási motiváció pszichoszociális tényezői; In: Magyar Pedagógia 2006, 106(4): 313-327. o.
- [14] Ceglédi Erzsébet, Máth János: Az iskolai teljesítményt befolyásoló tényezők vizsgálata; In: Alkalmazott Pszichológia, 2013, 13(4):23-46. o .

- [15] URL: <<https://skoll.hu/a-tanulasi-motivacio-fejlesztese-motivacios-eszkozok-a-tanitasban/>> (2022.06.02)
- [16] Bandura, A. (1977): Self-efficacy: Toward a Unifying Theory of Behavioral Change. *Psychological Review*, Vol. 84, No. 2, 191-215.
- [17] Bandura, A. (1993): Perceived Self-efficacy in Cognitive Development and Functioning. *Educational Psychologist*, 28 (2), 117-148.
- [18] Bandura, A. (1994): Self-efficacy. In: Ramachaudran, V. S. (Ed.): *Encyclopedia of human behavior*, Vol. 4., 71-81. Academic Press, New York.
- [19] Schunk, D. H. (1981): Modeling and Attributional Effects on Children's Achievement: A Self-Efficacy Analysis. *Journal of Educational Psychology*, 73, 93-105.
- [20] Schunk, D. H. (1984): Self-efficacy perspective on achievement behavior. *Educational Psychologist*, 19, 48-58.
- [21] Schunk, D. H. (1989): Self-efficacy and achievement behaviors. *Educational Psychology Review*, 1, 173-208.
- [22] Turner, E. A., Chandler, M., Heffer, R. W. (2009): The Influence of Parenting Styles, Achievement Motivation, and Self-Efficacy on Academic Performance in College Students. *Journal of College Student Development*, Vol. 50, Nr. 3, 337-346.
- [23] Weinberg, R.; Gould, D.; Jackson, A. (1979): Expectations and Performance: An Empirical Test of Bandura's Self-efficacy Theory. *Journal of Sport Psychology*, 1, 320-331.
- [24] Zimmerman, B. J. (2000): Self-Efficacy: An Essential Motive to Learn. *Contemporary Educational Psychology*, 25, 82-91.

Berkes Dominik Krisztián, Sánta Máté, Borsos Döníz: Okosbója mérésadatgyűjtő rendszer

¹ Óbudai Egyetem, Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar, Elektronikai Kommunikációs Rendszerek Intézet [1084, Tavaszmező utca 17., Budapest, Magyarország], berkes.dominik@stud.uni-obuda.hu

² Óbudai Egyetem, Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar, Elektronikai Kommunikációs Rendszerek Intézet [1084, Tavaszmező utca 17., Budapest, Magyarország], santa.mate@stud.uni-obuda.hu

³ Biztonságtudományi Doktori Iskola, Óbudai Egyetem [1034 Budapest, Bécsi út 96/b, Budapest Magyarország], Óbudai Egyetem, Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar, Elektronikai Kommunikációs Rendszerek Intézet [1084, Tavaszmező utca 17., Budapest, Magyarország], borsos.doniz@uni-obuda.hu

Absztrakt: Magyarországon számos állóvíz található, amelyeket folyamatosan figyelemmel kell kísérni, hogy értékes információkat kapjunk a vízminőségről és az időjárásról. Általános probléma, hogy a mérőeszközöket gyakran nehezen hozzáférhető helyeken lehet elhelyezni, ezért fontos, hogy olyan megoldásokat alkalmazzunk, amelyek alacsony energiafogyasztással és az érzékelők adatainak távoli elérésével rendelkeznek. Jelen cikk egy olyan okosbója tervezését és építését mutatja be, amely LoRaWAN kommunikáció segítségével továbbítja az összegyűjtött adatokat. A mérési eredmények megtekinthetők a készülék kijelzőjén és a felhasználóval való kapcsolattartás érdekében egy böngészőből elérhető felhasználói felületen. A felhasználói felület valós idejű és historikus adatokat is szolgáltat.

Kulcsszavak: okosbója; LoRaWAN; időjárás

1. Bevezetés

Az állóvizek folyamatos megfigyeléséhez szükség van egy kis teljesítményű, az időjárasi és egyéb lényeges adatok továbbítására alkalmas készülékre. Ennek az eszköznek képesnek kell lennie arra, hogy önállóan, külső beavatkozás nélkül működjön olyan helyeken, amelyeket ember számára nehezen elérhetőek.

A probléma megoldásaként a cikk egy olyan okosbója tervezésének és összeszerelésének teljes folyamatát mutatja be, amely képes mérni a levegő hőmérsékletét, páratartalmát és nyomását, a víz hőmérsékletét, a vízben lévő összes oldott szilárd anyagot, valamint az eszközt érő külső erők nagyságát, így meghatározva az időjárás aktuális állapotát. Az eszköz az adatokat LoRaWAN-on keresztül továbbítja, ami ideális az alacsony energiafogyasztású eszközök számára. A bója energiaellátását egy fotovoltikus modul és egy akkumulátor biztosítja, ami önfenntartóvá teszi a bóját. Az eszköz teste 3D nyomtatással készült és több részből áll, így szétszedhető, hogy könnyen hozzá lehessen férni a belső alkatrészekhez. A bója rendelkezik egy horgonyzási ponttal is, ahol egy adott helyre rögzíthető. A bója által gyűjtött adatokhoz egy grafikus felhasználói felületen lehet hozzáférni, amely valós idejű és múltbeli adatokkal látja el a felhasználót.

Összességében ez az eszköz megoldja a fent említett problémát azzal, hogy folyamatos adatokat szolgáltat a környezet időjárasi viszonyairól, anélkül, hogy külső beavatkozásra lenne szükség.

2. Rendszertervezés

2.1 A bója tervezése

A bója tervezésének a legelső lépése volt a kommunikációs megoldás kiválasztása. Olyan kommunikációra volt szükség, amely vezeték nélküli, alacsony energiafogyasztású, nagy hatótávolságú és lehetőséget biztosít privát hálózat kialakítására. Számos megoldást megvizsgáltunk és létező termékeket is. A piacon kapható termékek főként műhold alapú kommunikációt [1][2][3][4][19] alkalmaznak, de ezt el is vetettük. Számításba jött még az NB-IoT, az LTE-M, LoRaWAN és a Sigfox is. A felállított szempontrendszernek a LoRaWAN [5][6][7][8] technológia felelt meg a leginkább, így arra esett a választásunk.

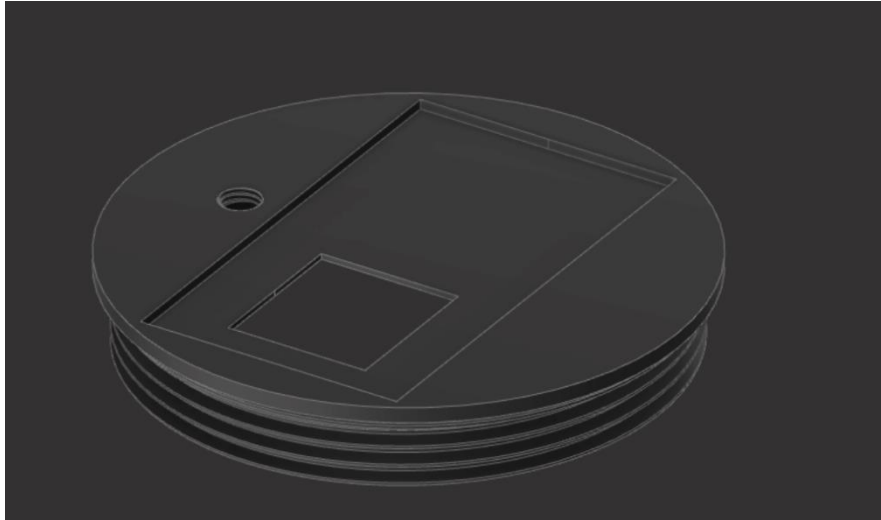
Mivel a fejlesztés jelenleg prototípus fázisban van, ezért egy ESP32 alapú LoRaWAN modullal ellátott fejlesztőeszközt választottunk, mely OLED kijelzővel is rendelkezik. Ez egyszerűbbé teszi a hibakeresést, mivel az adatok megjeleníthetők a képernyőn, ami értékes betekintést nyújt a rendszer működésébe. Ezután következett az alkalmazandó szenzorok kiválasztása. Ehhez meg kell határozni, hogy mit szeretnénk mérni. Ezek a következők:

- Víz felszíni hőmérséklete;
- Levegő hőmérséklete, páratartalma és nyomása;
- Bója mozgása;
- Vízben lévő összes oldott szilárd anyag (TDS).

Mivel ez a készülék szabadban kerül elhelyezésre, esetleg nehezen hozzáférhető helyre is akár, így akkumulátoros tápellátás szükséges, melynek töltése napelemes megoldással kell, hogy történjen. Ennek köszönhetően biztosítható a bója „önellátása”.

Már korábban említésre került, hogy a bójatest 3D nyomtatással készült a prototípushoz. A test tervezésekor a formája az alkalmazási körülményeknek és az alkalmazni kívánt szenzoroknak megfelelően lett kialakítva. A nyomtatás egy napot vett igénybe.

Néhány fontosabb tervezési szempont a következőkben kerül ismertetésre. Ahhoz, hogy a fotovoltaiikus modult fel lehessen szerelni, a tetejét laposra kellett tervezni egy kijelölt hellyel a modulnak. A fotovoltaiikus modul beszerzése után megmértük annak hosszát, szélességét és a kábelek helyét, majd ezen adatok felhasználásával egy tökéletes mélyedést terveztünk a bója tetején, amelybe később elhelyeztük a napelemet, és szilikonos tömítőanyaggal rögzítettük, gondoskodva a vízállóságról. A bója felső része a fotovoltaiikus modul számára kijelölt hellyel az alábbi képen látható.



Ábra 1
A bója tetejének 3D modellezése

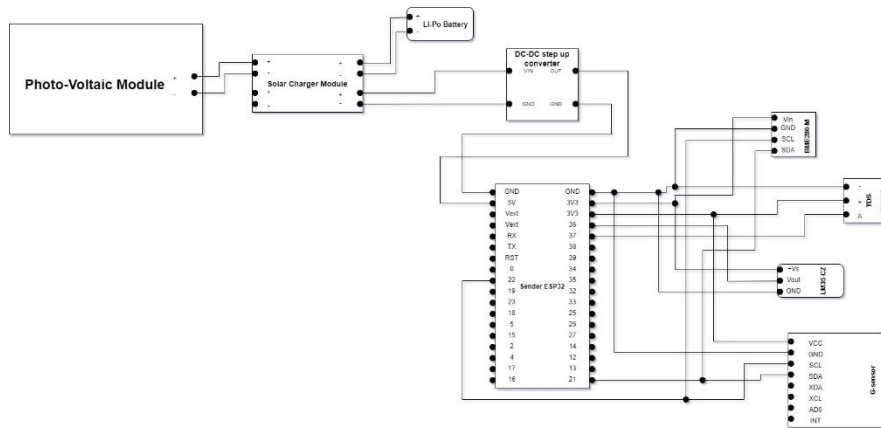
A bója két fő részre osztható, és négy egységből áll. Az alsó, jelentősebb rész a test alapja, amelynek belsejében található az összes elektronika, beleértve a kábeleket, az érzékelőket, az akkumulátort, a mikrokontrollert és az energiaellátás kezeléséért felelős hardvert. A felső részre szerelhető a napelem, és az "antenna", ahol a hőmérséklet-, páratartalom- és nyomásérzékelő található. A menetes kialakításnak köszönhetően a két rész egymásba csavarható. Emellett egy O-gyűrű biztosítja, hogy a bója vízálló legyen. Az antenna szintén a bója felső részére való csavarásával helyezhető fel. A bója alján található egy pont, amelyet a bója lehorgonyzására terveztünk. Ezzel a bóját horoggal vagy kötéllel ki lehet kötni. A bója alján két kisebb lyuk is található, amelyeken keresztül a vízhőmérséklet- és a TDS-szenzor kiáll a bója testéből, így érintkezik a vízzel.

2.2 Alkatrészek

Az alkatrészek kiválasztása a követelmények és a rendszertervek alapján zajlott. A rendszerhez a következő elemek kerültek felhasználásra:

- Mikrokontroller LoRaWAN modullal: Heltec WiFi LoRa 32 (V2.1) [9];
- Levegő hőmérséklet, páratartalom és nyomásmérő: BME280-M [10];
- Vízhőmérsékletmérő: LM35CZ [11];
- Összes oldott szilárd anyag mérő: KS0429 keyestudio TDS Meter V1.0 [12];
- Gyorsulásmérő: GY-521;
- 1,6 W fotovoltikus modul [13];
- 1200 mAh akkumulátor [14];
- Akkumulátor napelem töltőmodul: CN3791-M6V MPPT [15];
- Step-up konverter: STUP-SX1308 [16].

A jelenlegi kialakítást több verzió is megelőzte. A végleges bója hardverének fizikai rendszerterve az alábbi ábrán látható.



Ábra 2
Bója fizikai rendszerterv

2.3 Vízállóság

A bója felső és alsó része menetek segítségével illeszkedik egymáshoz. Ez a megoldás eleinte nem bizonyult kellően vízhatlannak, ezért a bója felső részének aljára a menetek kezdeténél egy O-gyűrűt rögzítettünk, így a két test összecsavarásakor megakadályozza, hogy a bójabója belsejébe víz jusson. Az O-gyűrűvel ellátott bója az alábbi képen látható.



Ábra 3
A bója az O-gyűrűvel

A bója felső hőmérője az antennában van elhelyezve. Ez az érzékelő a levegő hőmérsékletének, páratartalmának és nyomásának mérésére szolgál, ezért nem érintkezhet a vízzel, de valamilyen módon kölcsönhatásba kell lépnie a levegővel. Ahhoz, hogy ne az eszköz belső hőmérsékletét mérje, a többi elektronikát távolabb kell elhelyezni. Ezzel a problémával már a 3D tervezés során is foglalkoztunk. Maga az érzékelő a lapos tetejű antenna henger alakú felső részébe került. Az antenna felső részének átmérője nagyobb, mint az antenna többi része, és az antennában elhelyezett

lyukak lehetővé teszik, hogy a levegő érintkezzen a mérőegységgel. A víz itt is veszélyt jelenthet a készülékre. Ezért az antenna felső része körül a lyukakon kívül egy perem is található, amely megakadályozza, hogy a víz oldalról és főleg alulról bejusson a mérőegységbe. Az antenna üreges teste a kábelek elrejtését és védelmét szolgálja. Az antenna a következő képeken látható.



Ábra 4
Az antenna eltávolított tetejével

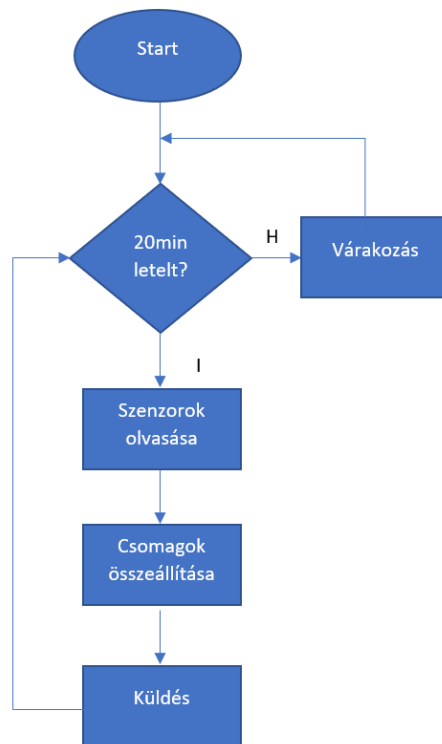


Ábra 5
Az antennán lévő lyukak

3. Rendszer áttekintése

3.1 Szoftveráttekintés

A bója szoftvere felelős az érzékelők adatainak rögzítéséért és a felhasználói felületre történő továbbításáért. Létfonosságú szerepet játszik a bója működésében, mivel nem csak hardverre, hanem szoftverre is szükség van a vezérléséhez. A mikrokontroller 20 percenként gyűjti be az érzékelők adatait. A tesztelés során azonban a mikrokontroller gyakoribb időközönként, néhány 10 másodpercenként, gyűjtötte be az adatokat hibakeresési célból. Miután a mikrokontroller beolvasta az adatokat az érzékelőkből, az adatcsomagokat előkészíti, majd elküldi. A folyamat vázlatát az alábbi ábrán látható.



Ábra 6
A szoftver folyamatábrája

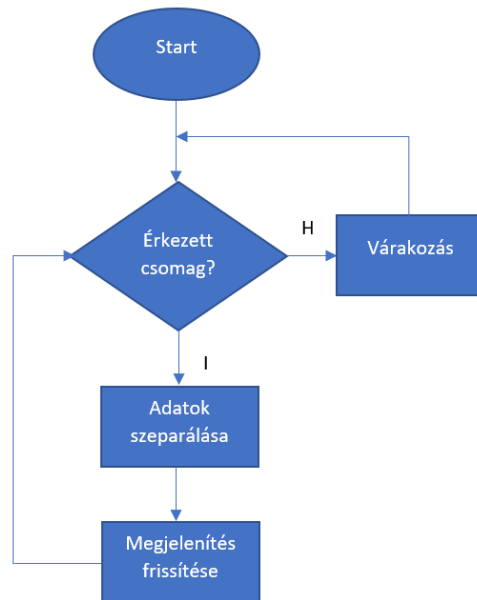
3.2 Működés ismertetése

Jelenleg, a fejlesztés végső fázisában az okosbója az adatokat LoRaWAN-on keresztül egy Node-RED felhasználói felületre továbbítja, ahol az adatok megjeleníthetők. A bója rendszerének logikai kialakítása az alábbi ábrán látható:



Ábra 7
A jelenlegi változat logikai diagramja

Amint az a logikai diagramból látható, a bőja LoRaWAN használatával a Gateway-eken keresztül továbbítja az adatokat a LORIOT szerverekre, ahonnan az adatokat WebSocket protokollal továbbítja a Node-RED-nek. A rendszerhez grafikus felhasználó felület is készült Node-RED segítségével. A megjelenítő felület működésének folyamatábrája a következő képen látható.



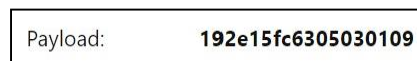
Ábra 8
A felhasználói felület folyamatábrája

A program figyeli, hogy érkezett-e csomag. Amennyiben igen, a hasznos adatrész darabolása történik, majd azok olvasható formában való megjelenítése.

3.3 Az adatok megjelenítése

Amint az előző bekezdésben említettük, az adatok a Node-RED segítségével grafikus felhasználói felületen jelennek meg.

Amint a képeken látható, az adatok szűrése után hibakeresés céljából megjelenítjük a payload-ot, és a payload bizonyos bitjeit a megfelelő mért értékekhez rendeljük. A bőjától kapott adatokat egy excel-fájlba is lementjük. A payload-ot hexadecimálisan láthatjuk mind a Node-RED-ben, mind a LORIOT-ban.



Ábra 9
A Node-RED-en megjelenő payload

Device EUI	FCntUp	Time	Port	Data
BE-7A-00-00-00-03-1B	12	2 minutes ago	2	19 2e 15 fc 63 05 03 01 09

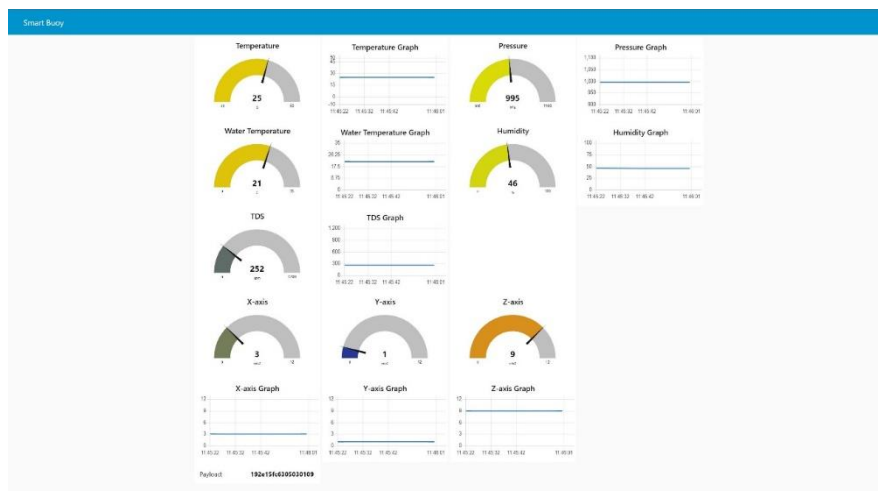
Ábra 10
A LORIOT-on megjelenő payload és egyéb lényeges adatok

Az első képen csak a payload látható. A második képen látható az eszköz EUJ-ja, az Uplink Frame Counter, a fogadás óta eltelt idő, a port, ahová érkezett az adat, és maga az adat hexadecimálisan. Amint láthatjuk, az eszköz EUJ-ja BE-7A-00-00-00-00-00-03-1B, az Uplink Frame Counter 18, ami azt jelenti, hogy ez a 18. fogadott uplink, 2 perce érkezett a 2. portra, az adat pedig 19 2e 15 fc 63 05 03 01 09.

Minden egyes mért tulajdonsághoz más-más bit tartozik. A levegő hőmérsékletéhez a 0. és az 1. bitre van szükségünk, ami 19. Decimális számrendszerben ez 25, ami azt jelenti, hogy a levegő hőmérséklete 25 °C. A páratartalomhoz a 3. és a 4. bitre van szükségünk, ami 2e. Decimális számrendszerben ez 46, tehát a páratartalom 46%. A nyomáshoz a 8., 9., 10. és 11. bitre van szükség. A nyomás értéke hexadecimális számrendszerben 63 05. Mivel a nyomásadat nagy szám, ezért külön kellett továbbítanunk. A megfelelő érték megjelenítéséhez először a 63-at alakítjuk át decimális számrendszerbe, azaz 99-re, és megszorozzuk 10-zel, így kapjuk a 990-es számot. Ezután a 05-öt alakítjuk át decimálissá, így kapjuk az 5-öt. Ezek után összeadjuk a két számot, így kapjuk a 995-öt, tehát a légnyomás 995 hPa. Ahhoz, hogy megkapjuk a víz hőmérsékletét, szükségünk van a 4. és az 5. bitre, ami 15. Decimálissá történő átalakítás után 21-et kapunk, ami azt jelenti, hogy a víz hőmérséklete 21 °C. A TDS értékéhez a 6. és 7. bitre van szükség, ami fc. Decimális számrendszerben ez 252, tehát a vízben lévő összes oldott szilárd anyag 252 ppm. Az X, Y és Z tengely gyorsulási értékeihez a 12. és a 13., a 14. és a 15., illetve a 16. és a 17. bitre van szükségünk. A 03, 01 és 09 értékeket kapjuk, amelyek hexadecimális számrendszerben 3, 1 és 9. Ez azt jelenti, hogy az X tengely gyorsulása 3 m/s², az Y tengelyé 1 m/s², a Z tengelyé pedig 9 m/s².

Soros terminálon is minden fontos információt megjelenítünk, beleértve a szenzorokból kiolvasott adatokat is. A grafikus felhasználói felületen megjelenített adatok egész számra vannak kerekítve, így kevésbé pontosak, mint a soros terminálon megjelenített adatok, de a mi estünkben tökéletesen megfelelnek.

A grafikus felhasználói felületen megjelenített adatok az alábbi képen láthatók:



Ábra 11
Node-RED grafikus felhasználói felület

4. Tesztelés

A tesztelés során a bója vízállóságát, a szoftvert és a hardvert vizsgáltuk. A vízállóságot úgy teszteltük, hogy a bóját rövid időre vízbe tettük, és a bója vízállónak bizonyult. Fejlesztési lehetőség lehet a bójatest más anyagból való készítése és vízálló és UV álló festékekkel való bevonása. A fizikai tesztek után következett a szoftver és a hálózat tesztje. A mért adatok továbbítása folyamatos és sikeres volt. A lokálosan kijelzett értékek a terminálon és a felhasználói felületen megjelenített adatokkal is egyeztek. Minden szenzor külön-külön is bemérésre és kalibrálásra került.

Másik kulcsfontosságú része volt a teszteknek a LoRaWAN hálózati vizsgálatok elvégzése. Alkalmazási körülményeknek megfelelő környezetben végzett tesztek esetén, nyílt terepen, szinte 100%-os adatátvitelről beszélhetünk. Végeztünk tesztek lakóterületen belül is, ahol 80%-os adatátvitel volt tapasztalható. Ez az alkalmazás tekintetében még megengedhető, bár nem tekinthető valós környezetnek.

Konklúzió

Összefoglalva, ez a cikk ismertette az okosbója tervezésének és építésének folyamatát, valamint a mögötte álló tudományt. Az okosbója fő célja az állóvizek tulajdonságainak mérése és az időjárás aktuális állapotának meghatározása.

Bár a projekt sikeres volt, és létrehoztunk egy működő okosbóját, számos fejlesztési lehetőség van még a bója számára. Az alkalmazási területe kiterjeszhető lenne a belföldi állóvizek mellett tengerekre és óceánokra is. Ebben az esetben a bója átalakításra szorul. Ilyen fejlesztés lehet a különböző vízmélységek hőmérséklet mérése vagy kén-oxid mérés [17].

Emellett kiemelhető, hogy a bója nem csak, mint eszköz lehet termék, hanem a gyűjtött adatok is értékesíthetők [18]. További kutatási és fejlesztési irányok is kijelölhetők az eszköz késztermékké válásáig.

Források

- [1] (n.d.). *Sofar Spotter*. assets.website-files.com. Retrieved October 12, 2022, from https://assets.website-files.com/6195779003438046f0c9adde/62d75d65671fc65363e28e7f_Spotter-3pager.pdf
- [2] (n.d.). *Smart Mooring*. sofarocean. Retrieved October 12, 2022, from <https://www.sofarocean.com/products/smart-mooring>
- [3] (n.d.). *SNIFFER BUOYS FOR REMOTE EMISSION MONITORING*. arctia. Retrieved October 12, 2022, from https://www.arctia.fi/media/esitteet/viitat-ja-pojjut/sniffer-buoy-brochure_24.5.2021.pdf
- [4] (n.d.). *Smart Buoy Concept*. arctia. Retrieved October 12, 2022, from <https://www.arctia.fi/media/esitteet/viitat-ja-pojjut/smart-buoy-concept-more-than-just-an-aton.pdf>
- [5] (n.d.). *What are LoRa and LoRaWAN?* thethingsnetwork. Retrieved October 14, 2022, from <https://www.thethingsnetwork.org/docs/lorawan/what-is-lorawan/>
- [6] SORNIN, N., & YEGIN, A. (2017). *LoRaWAN™ 1.1 Specification*. lora-alliance. Retrieved October 14, 2022, from https://lora-alliance.org/wp-content/uploads/2020/11/lorawantm_specification_-v1.1.pdf

- [7] (n.d.). *LoRaWAN Security Whitepaper*. lora-alliance. Retrieved October 22, 2022, from https://lora-alliance.org/wp-content/uploads/2020/11/lorawan_security_whitepaper.pdf
- [8] (n.d.). *ABP vs OTAA*. thethingsindustries. Retrieved October 22, 2022, from <https://www.thethingsindustries.com/docs/devices/abp-vs-otaa/>
- [9] (n.d.). *WiFi LoRa 32*. heltec. Retrieved October 22, 2022, from <https://heltec.org/project/wifi-lora-32/>
- [10] (n.d.). *BME280 Combined humidity and pressure sensor*. hestore. Retrieved October 22, 2022, from https://www.hestore.hu/prod_getfile.php?id=10549
- [11] (n.d.). *LM35 Precision Centigrade Temperature Sensors*. hestore. Retrieved October 22, 2022, from https://www.hestore.hu/prod_getfile.php?id=1214
- [12] (n.d.). *KS0429 keyestudio TDS Meter V1.0*. wiki.keyestudio. Retrieved October 22, 2022, from https://wiki.keyestudio.com/KS0429_keyestudio_TDS_Meter_V1.0
- [13] (n.d.). *PV150x86-5.5V/1.6W*. hestore. Retrieved October 22, 2022, from https://www.hestore.hu/prod_10041703.html
- [14] (n.d.). *Specification Approval Sheet*. hestore. Retrieved October 22, 2022, from https://www.hestore.hu/prod_getfile.php?id=10191
- [15] (n.d.). *CN3791-M6V*. hestore. Retrieved October 22, 2022, from https://www.hestore.hu/prod_10040704.html
- [16] (n.d.). *STUP-SX1308*. hestore. Retrieved October 22, 2022, from https://www.hestore.hu/prod_10042081.html
- [17] (n.d.). *IMO 2020 – cutting sulphur oxide emissions*. imo. Retrieved November 6, 2022, from <https://www.imo.org/en/MediaCentre/HotTopics/Pages/Sulphur-2020.aspx>
- [18] Adams, S. (2019). *The Real Cloud Wars: The \$6 Billion Battle Over The Future Of Weather Forecasting*. forbes. Retrieved November 6, 2022, from <https://www.forbes.com/sites/susanadams/2019/06/24/the-real-cloud-wars-the-6-billion-battle-over-the-future-of-weather-forecasting/?sh=6a10848f298f>
- [19] (n.d.). *Sofar Spotter*. sofarocean. Retrieved November 9, 2022, from <https://www.sofarocean.com/products/spotter>

Braun Ferenc, Molnár Zsolt: Házi és haszonállatok LoraWAN alapú egészségügyi monitorozása

Óbudai Egyetem, Budapest, 1034. Bécsi út 96/B, braun.ferenc@ek-cer.hu, molnar.zsolt.mai@uni-obuda.hu

Absztrakt: Napjainkban megnövekedett az igény arra, hogy különböző eszközeinket Interneten keresztül, valós vagy közel valós időben távolról is elérjük. Ezekről az eszközöktől adatokat kérdezzük le, befolyásolni tudjuk a működésüket, a begyűjtött adatokat felhőben tároljuk, különböző módszereket vagy technológiákat használva feldolgozzuk, kiértékeljük. A keletkezett kiértékelt adatok alapján tudunk következtetéseket levonni, majd egy készülék vagy egy rendszer állapotáról jelentést készíteni. Ezek után bizonyos esetekben szervizelést kezdeményezünk, más esetekben a készülék működését befolyásoló paramétereket módosítunk, vagy megint más esetekben arra használjuk az információt, hogy a jobb konstrukciót alkothassunk. A fent leírtak a mára már megszokott IoT világra jellemzőek. Cikkünkben egy kicsit újabb, széles körben még kevésbé ismert területet szeretnénk bemutatni, ez pedig az élettelen „dolgok” helyett az élő „dolgok”, jelen esetben az állatok Internet alapú egészségügyi monitorozása. Az élő szervezetek monitorozására, esetenként kezelésére szolgáló eszközök rendszerét IoHT-nak (Internet of Health Things vagy Internet of Healthcare Things), vagy IoMT-nek (Internet of Medical Things) nevezik. Cikkünk az állatvilágra fókuszál, de bizonyos szempontok betartásával alkalmassá válhat ez a rendszer az embernél való alkalmazásra is. Felmérjük a létező megoldásokat, áttekintjük a technológiai/technikai lehetőségeket és értékeljük ezeket, majd egyikét konkrét példán keresztül bemutatjuk az általunk megtervezett megoldásokat.

Kulcsszavak: IoHT, IoMT, IoTAH, LoRaWAN, szarvasmarha monitorozás, precíziós mezőgazdaság

1. Bevezetés

Az olyan egyedileg azonosítható eszközök, amelyek egy hálózathoz csatlakoznak, valamint lehetnek Interneten keresztül is elérhetőek, alkotják a „dolgok Internetjét” az IoT-t. Az IoT régóta velünk van a mindennapokban, és mára ezek az eszközök annyira megszokottá váltak, hogy lényegében észre sem vesszük a használatukat. Az IoT-n belül a felhasználásuk szerint több kategóriába sorolhatóak az eszközök, jelen cikkünk témáját elsősorban az egészségügyi célra készülő IoT eszközök, ezen belül pedig az állatok egészségét megtartó, illetve kezelését segítő IoT eszközök adják.

Jó ideje készülnek már olyan IoT eszközök, amelyek az emberek egészségi állapotát figyelik, mérik, és a begyűjtött adatokat, információkat továbbítják. Az adatokat vagy az eszközt viselő személy saját célra használja fel, vagy pedig egy orvos, akit segítenek ezek az adatok egy betegség pontosabb diagnosztizálásában, esetleg a gyógyulást, rehabilitációt követheti nyomon. Ezeket az eszközöket IoHT-nak (Internet of Health Things vagy Internet of Healthcare Things), vagy IoMT-nek (Internet of Medical Things) nevezik. Ha a rögzített adatok tárolása és utólagos feldolgozása, kiértékelése, elemzése és a döntéshozás (vagy döntéstámogatás) egy komplex IT rendszerben történik, amely képes adaptálódásra vagy tanulásra, akkor máris bekapcsolódott a mesterséges intelligencia (AI) is a rendszerbe, amelyre szintén láthatunk példát a mai orvosi informatikai rendszerekben.

Magyar vonatkozása is van a telemedicina terjedésének, amelyről nem is olyan régen írtak az EESZT információs portálján, és amely kiválóan körvonalazza ennek a trendnek az előnyeit: „A betegellátás egyik legújabb kibontakozó trendjére reagál az EESZT következő fejlesztési iránya.

Az utóbbi években rohamosan terjedni kezdtek azok az eszközök, szenzorok, amelyek a páciensek adatait akár otthonaikban rögzítik. A telemedicina megoldásokkal nyert információk rendszerbe csatornázása óriási lehetőségeket rejt magában. Éppen ezért kerül megnyitásra ezen adatok előtt is az EESZT, melyek feltöltési lehetőségével új szolgáltatási terület indul. Az így nyert információk ugyanis – természetesen amennyiben a beteg erről rendelkezik – az ellátók számára is megismerhetőek lesznek, ami például jelentősen lerövidítheti a reakcióidőt. A szolgáltatás tovább mélyíthető, hiszen az adatok előzetes kiértékelése alapján akár visszajelzéseket, sőt riasztásokat is képes küldeni az egészségügyi szakemberek számára.” [1]



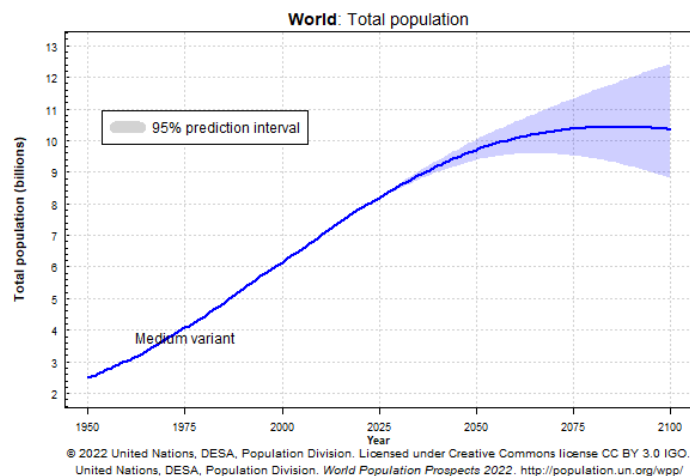
26. ábra - A paciens-orvos kapcsolat

Az IoMT és IoHT eszközök lehetnek:

- testre helyezhető/hordozható eszközök, amelyeket két csoportra oszthatunk:
 - általános fogyasztói eszközök (pl. aktivitásmérő, sportóra, okosruha...)
 - klinikai minőségű, akár otthoni akár klinikai használatra szánt eszközök (pl. WiFi kapcsolattal rendelkező Holter EKG)
- kórházi eszközök, amelyek a következő célokat szolgálhatják:
 - nyomon követés, menedzsment
 - higiéniai megfelelés biztosítása, felügyelete (nyomkövetéssel ötvözve)
 - gondozási ponton végzett vizsgálatok – labor, SpO2, UH
- katonai célú eszközök

2. Az állati egészséget szolgáló IoT eszközök – IoTAH

A világ népessége 2022-ben 8 milliárd körüli, de a tendencia meredeken emelkedő, és Földünk mezőgazdasága egyre kevésbé képes táplálékkal ellátni ekkora embertömeget. Ha kizárjuk azt, hogy újabb és újabb területeket vonunk művelés alá (akár a növénytermesztés akár az állattenyésztés céljára), akkor a túlfogyasztás korlátozásán kívül a meglévő technológiák korszerűsítése az egyetlen megoldás. Ezt az irányt képviseli az okos vagy precíziós mezőgazdaság (smart farming, precision agriculture). Az precíziós gazdálkodás lényegében arról szól, hogy a mezőgazdaságban a negyedik ipari forradalom hajnalán megjelent új technológiákat alkalmazzák a termelés mennyiségének és minőségének növelésére, az erőforrások maximális kihasználásával és a környezeti hatások minimalizálásával. Ezenkívül a technológia alkalmazása a mezőgazdaságban lehetővé teszi az élelmezésbiztonság fokozását az egész világon.



27. ábra - a Föld népességének alakulása [2]

A következőkben az állattenyésztésre korlátozzuk a lehetőségek és megoldások rövid áttekintését. Legegyszerűbb esetben figyelhetjük az állatok környezetét akár zárt, akár szabad tartásban, akár a két tartási mód ötvözésekor: a környezeti hőmérsékletet, a levegő relatív páratartalmát, a légnyomást, a légáramlást, vagy bizonyos gázok koncentrációját a levegőben. Mérhetjük az egyedek, vagy a populáció tömegét, információt kapva arról, hogy elég és megfelelő táplálékhoz vagy vízhez jutnak-e. Kaphatnak az állatok viselhető, vagy invazív úton bejuttatott eszközt, amely alkalmas a testhőmérsékletük, az aktivitásuk, az emésztésük vizsgálatára, így az egészségügyi problémák korai felismerése, vagy az állatorvosi kezelés hatásának vizsgálata válik lehetővé. Kaphatnak akár egyedenként nyomkövetésre alkalmas (pl. GPS-es) eszközt, amellyel a pozíciójuk meghatározható, vagy a bejárt területük felmérhető, illetve egyéb technológiákkal (pl. drón „pásztorok”) ötvözve a mozgásuk korlátozható.



28. ábra - Precíziós mezőgazdaság: méhek és szarvasmarhák felügyelete

Az IoTAH eszközökkel szemben támasztott követelmények helyhez kötött (telepített) eszközök esetén:

- legyen olcsó, jól elrejthető
- legyen alacsony fogyasztás (egy szezon/egy év minimális élettartam)
- képes legyen nagy fizikai távolság áthidalására az eszközök között
- rendelkezzen távdiagnosztikával
- tudjon mérési adatot tárolni, ha időleges kommunikációs probléma van

- az esetenkénti nagy adatmennyiség miatt szükséges lehet tömörítés
- legyen alkalma napi többszöri adatfeltöltésre
- riasztás esetén küldjön „azonnali” értesítést
- képes legyen széles környezeti működési tartományban üzemelni

Ha az IoTAH eszköz viselhető, akkor a következők a legfontosabb követelmények:

- jól rögzíthető, esetleg implantálható vagy egyéb invazív módon „telepíthető” legyen
- alacsony legyen a fogyasztása (hordozható – több hetes, beültetett – élethosszig)
- képes legyen az eszközök között közepes fizikai távolság áthidalására, de „nehezített” adatátvitel előfordulhat (pl. implantált eszköz esetén az állat teste csillapít)
- rendelkezzen távdiagnosztikával
- tudjon mérési adatot tárolni, ha időleges kommunikációs probléma van
- az esetenkénti nagy adatmennyiség miatt szükséges lehet tömörítés
- napi minimum egyszeri adatfeltöltés
- ha az eszköz implantált/invazív módon telepített, akkor nem szervizelhető, tehát kiemelten fontos a megbízhatóság
- környezeti hatások kisebb mértékben, illetve más jelleggel érik (pl. a környezet „temperált”, de savas, vagy állandóan folyadékban kell üzemelnie)

3. Két példa projekt bemutatása

A következőkben két olyan projektet mutatunk be, amelyekben dolgoztunk. Feladatunk mindkét esetben az állatokhoz közeli hardver és firmware megtervezése volt. Két merőben eltérő feladat volt, de mindkettőben közös volt a rádiós kommunikáció alkalmazására való igény. A technológia kiválasztása nem volt feladat, mindkét esetben meglévő infrastruktúrához kellett alkalmazkodnunk. A LoRaWAN egy alacsony fogyasztású, nagy hatótávolságú hálózati protokoll, amelyet arra terveztek, hogy vezeték nélkül csatlakoztassa az akkumulátorral működő eszközöket az internethez helyi vagy globális hálózatokban. Képes – bár csak korlátozottan – kétirányú kommunikáció, a végpontok között titkosított a kapcsolat, és kínál helymeghatározási lehetőséget is. [3] A LoRaWAN architektúrában az átjárók (gateway-ek) üzeneteket továbbítanak a végeszközök és a központi hálózati szerver között. Az átjárók szabványos IP-kapcsolaton keresztül csatlakoznak a hálózati szerverhez, és átlátszó hídként működnek, lényegében átalakítják az RF-csomagokat IP-csomagokká és fordítva.

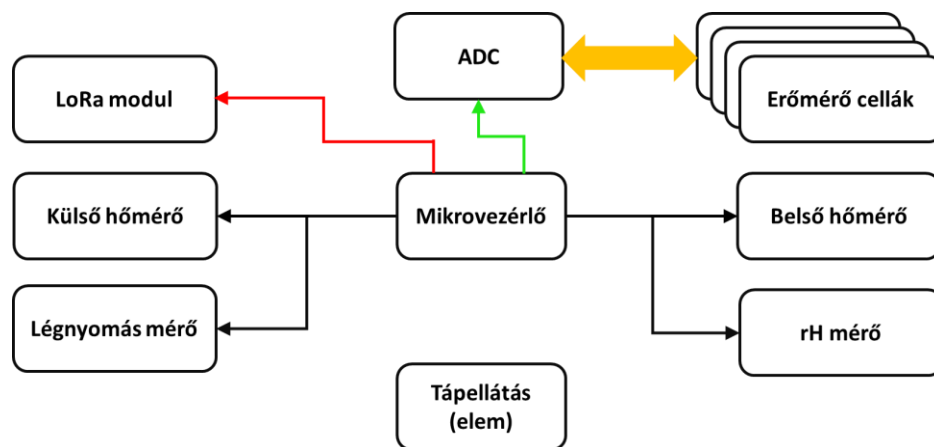
A kétirányú kommunikációt mindkét esetben „A” osztályban valósítottuk meg. Az elsődleges kommunikációs irány letről felfelé, azaz a szenzor egységtől az átjáró felé van (uplink). A kezdeményező ebben az esetben a végpont, amely aszinkron küldhet adatokat az átjáró felé. A végpont az adás után nyitva hagy vételi ablakot vagy ablakokat, a hálózati szerveren tárolt, sorban álló adatok ekkor juthatnak el a végponti eszközökhöz (downlink). Ez az esetünkben nem probléma, mivel a fő feladat a mért adatok felküldése, a konfiguráció leküldése az első mérési adat felküldés után következhet. Mivel két felfelé irányuló csomag között tetszőleges idő telhet el, így az alkalmazás által igényelt adatküldési gyakoriság vagy a tápenergiát szolgáltató elem elvárt élettartama határozhatja meg azt.

3.1 Méhkaptár felügyelet – példa helyhez kötött eszközre

A feladat egy ausztráliai kísérleti projektnél a méhkaptárok külső és belső hőmérsékletének, a külső légnyomásnak és a belső relatív páratartalomnak, valamint a kaptár teljes tömegének mérése volt. A cél a méhcsalád egészségének, gyarapodásának és telettésének követése volt. A begyűjtött adatokat a következőkre használták fel:

- aktív időszakban
 - begyűjtött méz mennyiségének mérésére
 - páratartalom és belső hőmérséklet figyeléséből következtetni lehet a család egészségére, a fertőzések (gomba, baktérium, vírus, atka...) megjelenésére, a gyógyszerezés hatásának vizsgálatára
 - megfelelő, egészséget támogató körülmények biztosítására
 - kaptárelhagyás észlelésére
- pihentetési időszakban
 - az állomány tömegének, és hőmérsékletének méréséből megállapítható az etetés szükségessége

A hőmérséklet, az rH és a légnyomás érzékelő céljára félvezető típusokat választottunk. Hőmérséklet mérésnél nem volt követelmény 0,5 °C-nál kisebb hibával meghatározni a hőmérsékletet, így nem volt szükség pl. PT100 érzékelő használatára. Az összes érzékelő soros porton (SPI vagy I2C) kommunikált, amely igen kényelmessé tette a használatukat. A kaptár tömegét erőmérő cellákkal mértük, amelyből 2 vagy 4 darabot lehetett csatlakoztatni. Az erőmérő cellák hídba kerültek, amelyeknek a kimentét egy speciális, 4 db differenciális bemenettel rendelkező 12 bites A/D átalakító digitalizálta. Az A/D konfigurálása és olvasása szintén soros módon történt. A mikrovezérlő egy 16 bites Microchip gyártmányú PIC mikrovezérlő volt, mellette egy szintén Microchip gyártmányú LoRa modul (RN2903) látta el a rádiós interfész szerepét. Egy sok éves projektről beszélünk, az említett modul annak idején korszerűnek számított. A tápellátást egy 3,6 V-os lítium elem adta, amellyel napi 4 mérés esetén kb. 3 éves élettartamot tudunk garantálni. Az egység felépítését az alábbi ábra szemlélteti.

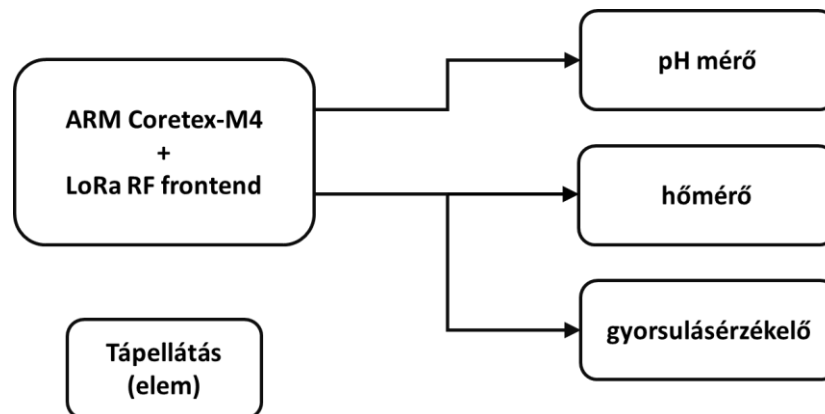


29. ábra - Méhkaptár felügyeletet ellátó rendszer

A firmware lehetővé tette a küldési gyakoriság távoli beállítását, valamint ki lehetett választani, hogy egy-egy csomagban az összes, vagy csak bizonyos érzékelők adatai szerepeljenek-e. Az eszköz riasztást küldött bizonyos paraméterek határérték-túllépésénél, illetve az elem lemerülésekor.

3.2 Szarvasmarha monitorozás – példa „viselhető” eszközre

A feladatként egy szarvasmarha bendőszonda fejlesztését kaptuk. A bendőszonda a szarvasmarha lenyeli, de a tömegénél és a méreténél fogva az nem halad át az emésztőrendszerén, hanem megül a bendőjében, és itt marad egész életében, ami esetünkben 5-6 évet jelent. A feladatot nehezítette, hogy rádiós szempontból egyáltalán nem voltak ideálisak a körülmények, az antenna mérete, és kényszerű kialakítása, valamint a testen belüli üzem miatt a hatótávolság erősen lecsökkent. Ugyan így is eléri a többszáz métert, de ez a napközbeni adatküldést nem teszi lehetővé, mivel a legelők meglehetősen nagy kiterjedésűek Írországban és Ausztráliában, az átjáró pedig csak a farm központjában van. Így esténként, a beteléléskor lehet a napközben felgyűlt adatokat nagyobb csomagokban felküldeni, ami a gyakorlatban nem okoz problémát. Itt is van lehetőség a távoli konfigurálásra, akár az állatban is (adatsomag mérete, küldés gyakorisága, stb.) A vezérlést egy ARM maggal egybeintegrált LoRa RF frontenddel oldottuk meg. A gyorsulásérzékelő és a hőmérő félvezetős, a pH mérő egy szokásos üvegmembrános szonda. A tápfeszültséget itt is egy 3,6 V-os elem szolgáltatja.



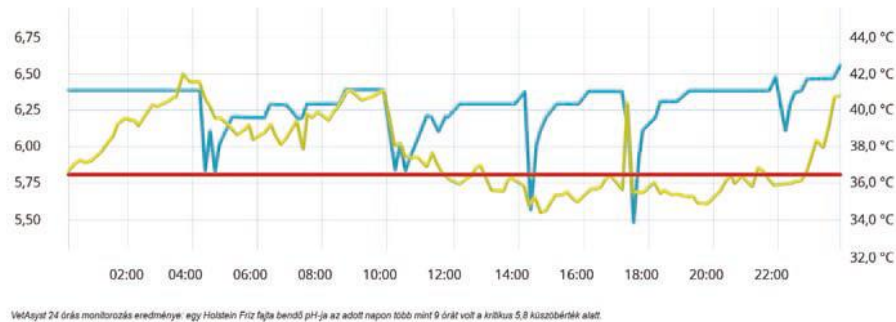
30. ábra - Szarvasmarha monitorozó bendőszonda felépítése

Begyűjtött adatokat a következőkre lehet felhasználni (a teljesség igénye nélkül):

- hőmérséklet
 - betegség okozta láz azonosítása
 - vízbevitel követése (hirtelen hőmérséklet-változás)
 - ivarzás
- gyorsulásmérő adatai
 - általános aktivitás
 - ivarzás
 - ellés
- pH
 - kérődzés, emésztés minősége

○ betegségek észlelése

A következő ábrán egy korábbi fejlesztőgárda által készített, félkész, és részben hibás eszköz által begyűjtött adatsor ábrázolása látható.



31. ábra - Egy szarvasmarha bendőszonda által rögzített mérési eredmények [4]

3.3 Tervek – kisebb testű állatok egészségének követése

A társállatoknál ismert megoldások vannak aktivitás figyelésre, nyomkövetésre, illetve mozgásuk korlátozására. Ezeket az eszközöket nyakörvön viselhetik, és GPS-vevő, valamint mobil adatkapcsolat létesítésére alkalmas RF egység található bennük. Tápfeszültség ellátásuk általában akkumulátoros, ami legfeljebb néhány naponta töltést igényel. A megfigyelés és beállítás telefonos vagy számítógépes alkalmazásból történhet.

A társállatok, és sok haszonállat esetében a kis testtömeg korlátozza az implantálható, vagy egyéb invazív módon telepíthető eszközök méretét, így a készülék egy része mindenképpen viselhető kell, hogy maradjon. Ez az egység célszerűen az akkumulátort vagy elemet, a vezérlést, illetve a rádiós kommunikációért felelős modult tartalmazhatja. Az egészség követéshez azonban ez nem elegendő. Léteznek olyan megoldások, ahol a nyakörv egy része úgy van kiképezve, hogy az állat testfelszínének hőmérséklete mérhető, vagy a verejtékének bizonyos ionjaira érzékeny szenzor elhelyezhető. Ezeknél a megoldásoknál azonban túl pontos mérési eredmény nem várható el: a fenti két példánál maradv a mért hőmérsékletet befolyásolja a környezeti hőmérséklet, az ionok koncentrációját pedig pl. a csapadék vagy a növényekről az állat által összeszedett, lesodort víz.

Megoldást implantált szenzorok jelenthetik, amelyek előzetes kutatásaink szerint méretüket tekintve néhány esetben megvalósíthatóak az azonosításra szolgáló „chip” méretében, más esetekben ugyan nagyobb (5...10-szeres) méretűek, de az általuk hozott előnyök jóval nagyobbak, mint az érzékelők által okozott kellemetlenség. A nagyobb implantált szenzorok az elhasználódásuk után apró műtéttel eltávolíthatóak a már gyógyult állatból. A teljesség igénye nélkül a következő paraméterek mérhetőek a szenzorok mai fejlettségi szintje mellett:

- hőmérséklet
- ionkoncentráció
- vércukorszint
- gyógyszer koncentráció szint

Az implantált szenzorokkal csak a viselhető eszköznek kell kommunikálnia, tehát nem szükséges nagy hatótávolság. A beültetett szenzoroknak nem szükséges tápenergia, azt rádiófrekvenciás úton is megkaphatják. Mind a kommunikációra, mind a tápenergia ellátásra alkalmasnak tűnik az RFID technológia.

További nagy jelentőségű egészségügyi adat, amely begyűjthető viselhető, nem implantált eszközzel, a szívfrekvencia, amely akár két elektródával, akár mikrofon segítségével detektálható. Ezen felül elvégezhető az állat számára a gyógyszer adagolása is ennek a rendszernek a segítségével.

4. Összegzés

Az IoT-ben rejlő lehetőségek az állategészségügyben igen szerteágazóak. Az IoTAH képes javítani az állatok egészségét és jólétét azáltal, hogy valós idejű adatokat szolgáltat, amelyek felhasználhatók az állatok gondozásával kapcsolatos döntések meghozatalához. Az IoTAH az állategészségügyi ellátás költségeinek csökkentésében is segíthet, mivel csökkenti a költséges diagnosztikai vizsgálatok és eljárások szükségességét. Az IoTAH várhatóan csökkenti az élelmiszer-előállítás költségeit is azáltal, hogy javítja az állatok egészségét és csökkenti az antibiotikumok iránti igényt. Az IoT-képes eszközökkel nyomon követhető az állatok helye, tevékenységük és egészségi állapotuk. Ez az információ felhasználható a gazdaság menedzsmentjének optimalizálására, az állatok jólétének bizonyítására.

Az IoTAH állategészségügyben való bevezetésével együtt jár néhány kihívás. Ilyen kihívás a szabványosítás, hogy az eszközök egymás között is kommunikálhassanak. Egy másik kihívás az eszközök és a hozzájuk kapcsolódó infrastruktúra költsége. Ezen felül az eszközökhöz kapcsolódó szenzorok nem mindegyike áll még olyan technológiai szinten, hogy a fent vázolt módon használható legyen. Fontos probléma még az adatbiztonság, mivel ezek az eszközök érzékeny információkat gyűjtenek és tárolnak az állatokról és gazdáikról. Főleg a társállatok esetében okoz ez nagyobb problémát, így az adatoknak jól védetteknek kell lenniük lopás, feltörés és hamisítás ellen.

Az IoTAH a hasonló, elterjedőben lévő humán rendszerekhez hasonlóan lehetővé teszi az állatorvosok számára, hogy távolról nyomon kövessék pácienseik egészségi állapotát, és kezelési döntéseket hozzanak valós idejű adatok alapján. A rendelkezésre álló információk felhasználhatóak a betegség vagy a betegség korai jeleinek kimutatására, valamint a kezelés előrehaladásának nyomon követésére is. Várhatóan 10 év múlva az állatorvoslás egészen másként fog kinézni, mint most, igazán izgalmas elgondolkozni azon, hogy hogyan kombinálhatjuk az IoT-eszközöket a Big Data technikákkal.

Források

- [1] Telemedicina szolgáltatások támogatása, „<https://e-egeszsegugy.gov.hu/telemedicina>,” Megtekintve: 2022.10.18.
- [2] WHO, a Föld népessége, „<https://population.un.org/wpp/Graphs/DemographicProfiles/Line/900>,” Megtekintve: 2022.11.04.
- [3] LoRa Alliance, „<https://lora-alliance.org/about-lorawan/>,” Megtekintve: 2022.10.29.
- [4] VetAsyst szarvasmarha bendő pH és hőmérséklet-monitorozó, „<https://agrarium7.hu/cikkek/1059-vetasyst-szarvasmarha-bendo-ph-es-homerseklet-monitoring-rendszer/>,” Megtekintve: 2022.11.02.

Mádai Márk Milán, Szabó Márton, Békási Zsolt, Sebők Rókus, Dr. Závodny Zoltán, Mátyás Tamás, Pudleiner Péter, Dr. Pálfi Judith, Kiss Miklós: A házhozszállítás jövőképe

Óbudai Egyetem Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar, 1034 Budapest Bécsi út 96/B Auditorium Maximum, Magyarország, marci.szabo.9@gmail.com

Absztrakt: Projektünkben modernizáljuk a házhozszállítási szolgáltatásokat az emberi munkaerő drónokkal való helyettesítésével. Ezáltal egyesülne a postai és a magánszemélyek közötti levél- és csomagszállítás illetve az életek házhozszállítása. Szeretnénk lecsökkenteni a szállítások idejét, ezzel párhuzamosan a közlekedést tehermentesíteni egy kihasználatlan tér felhasználásával.

Nap mint nap találkozunk a futárszolgálatok hátrányaival és veszélyeivel a közlekedésben, ezért szeretnénk korszerűsíteni és újragondolni a szállítások rendszerét.

Felkutatjuk a hazai- és nemzetközi szakirodalmak segítségével a terveinkhez szükséges dróntípusokat. Megalkotunk egy olyan rendszert, ahol a drónok a repülőgépek légi közlekedését alapul véve osztják ki a csomagokat a jelenlegi futárszolgálatok logisztikai csomópontjain szétosztva. Terveink szerint létrehozunk egy online kérdőívet amiben felmérjük a válaszadók igényét egy ilyen szolgáltatásra és ennek felhasználási módjára, továbbá megérdeklődjük, hogy milyen negatív tapasztalatai vannak a válaszadóknak a jelenleg működő futárszolgálatokkal kapcsolatban.



1. Ábra: drónok napjainkban [2]

Kulcsszavak: drón, házhozszállítás, futár, futárszolgálat, csomag, posta, közlekedés, modernizálás

1. A drónok előnyei és hátrányai

1.1. A drónok előnyei [3][2]

Valahányszor egy jól működő rendszert szeretnénk egy új szintre helyezni, fel kell tennünk a kérdést, hogy miért érné meg számunkra. Figyelembe kell venni az új ötlet előnyeit és számbavenni a hátrányait, illetve az új megvalósítással járó esetleges problémákat. A következő sorokban ezt az összehasonlítást taglaljuk.

1.1.1 Navigáció, érzékelés

A drónok kialakításánál az egyik legfontosabb szempont, hogy minél könnyebbek legyenek amellet, hogy stabilitásukat nem vesztik el. Ebből kifolyólag a drónok felületének és keresztmetszetének minimalizálása lehetővé teszi, hogy különféle szenzorokat helyezzünk el a drónok testén. Amennyiben több érzékelőt szerelünk a drónokra, nem csak az észlelésük mértékét, hanem területét is bővíthetjük.

A drónokra rögzített szenzorok kiváló információforrásként szolgálnak a drónnak, ami így könnyedén közlekedhet a légtérben, illetve a földfelszín közelében is képes ezáltal elkerülni a baleseteket. Ezen tulajdonsága a drónoknak felveti azt a lehetőséget is, amennyiben egy hálózatra csatlakoztatjuk az eszközöket, egy rendkívül koordinált rendszert használhatunk, melyben a drónok sűrűsége az utak felett közelítheti a városi közlekedését, mellőzve annak rendezetlen és nem időhatékony tulajdonságait, mint például a kialakult dugók vagy az emberi tényező.

Az emberi tényező egyben egy másik korlátot is jelent, mégpedig az érzékelésünk korlátoltságát. Figyelmünk nehezen oszlik meg több történés között, míg egy drón belső számítógépe képes befogadni, illetve elemezni a beérkező adatokat és ennek megfelelően irányítani a szerkezetet. Ezen kívül a számítógépek gyorsasága felülmulják az emberek reakcióidejét, ami további balesetek elkerülését eredményezheti. Emellett, noha az emberi reakció vagy összeszervezetlenség önmagában hátrányosabb lehet egy drón alkalmazásához képest, ha ezt a két elemet egyesítjük, egy még hatékonyabb együttműködést kapunk. Ahogy korábban, úgy most is, a gépek precíz és konzisztens működése mellett az emberi találékonyság és problémamegoldás hiányzik a gépekből. [2]

1.1.2. Közlekedés

A drónok könnyű felépítése a mozgásban is nagy szerepet játszik. A megspórolt súlyt helyettesíthetjük többek között újabb propellerekkel, szenzorokkal, esetleg a drón védelmét növelhetjük vele.

A drónok csekély súlya és apró termete kiváló manőverezési képességekkel látja el a szerkezetet, ami például a fel- és leszállásnál rendkívül fontos lehet. Vegyük példának, hogy egy csomagot kell a légtérből a megadott címhez lejuttatnia, miután megérkezett a helyszínhez. Ehhez először is le kell jutnia a talaj közelébe. A függőlegesen megtett út közben el kell kerülnie az épületeket, vezetékeket, póznákat, hirdetőtáblákat és növényeket. De ha egy kertvárosi részt vizsgálunk, ahol az útszéli fák behajolnak mind az út, mind a házak fölé, máris beláthatjuk, hogy nem tud közvetlenül az úti cél közelében lejutni a talajhoz. Amennyiben pedig máshol teszi ezt meg,

fennmaradó távolságot akár emberek közvetlen közelében kell megtennie, ahol fokozottan kell ügyelni a járókelők testi épségére. Miután leért a talajhoz, a csomagot még le kell tennie, mindezt a csomag sérülése nélkül, tehát egy precíz landolást kell végrehajtania, a csomag paramétereitől függően. Végül vissza kell csatlakoznia a drónforgalomba, a korábban ismertetett problémák megoldásával.

Emellett városi viszonylatban jelentős röptávval bír. Ez lehetővé teszi, hogy a drónok telephelyeit lazábban szórjuk szét, ebből kifolyólag pedig a jövőre nézve egy országos drónszállítási szervezet megalakulása is körvonalazódhat. Mivel sok kilométeren keresztül képes a repülésre, nem csak egy hosszabb, hanem több rövidebb megbízást is képesek teljesíteni, ezen kívül az akkumulátorok viszonylag rövid töltési ideje elhanyagolható lesz sok út mellett, arról nem is beszélve, ha megfelelő mennyiségű, cserélhető akkumulátor többlettel rendelkezik a szervezet, mert ebben az esetben az eljárás menetén módosíthatunk úgy, hogy kihasználjuk a drónok szerkezeti felépítését és így a kevés anyag engedi a könnyű és gyors akkumulátor cserét. Így a csere idejét legfeljebb pár percben garantálni tudják a szakemberek, míg a töltést „munkaidőn kívül”, tehát párhuzamosan a feladatok teljesítésével valósítjuk meg, és amint feltöltött, már be is helyezhetjük egy másik drón energiaforrásaként. [2]

A telephelyek szétszórása ugyan nagy területi lefedettséget jelent, ám egyetlen város esetén, egy koncentrált csomópontban a várható rendelések száma is jelentősen növekszik. Ezt orvosolandó a telephelyek egymáshoz közelebbi elhelyezésével egy területet több telephely hatótávolságával is lefedhető. Ennek eredményeképpen egy adott területen akár megduplázzhatjuk vagy megtriplázhatjuk a drónok számát. Ha pedig visszazsugorítjuk egy országos elosztás modelljét, egy városon belül is használhatjuk azt a kézenfekvő gondolatot, hogy nem egy drónnak kell végigszállítania a csomagot indulástól érkezésig, hanem amint egy átdatát beiktatunk, máris a csomag szállítási távolságáig dupláztuk meg.

Végül pedig nem szabad elsiklani a drónok legjelentősebb tulajdonsága mellett, hogy repülésre lettek kitalálva, tehát a függőleges mozgás is fontos részét képezi a közlekedésüknek. Míg egy személyautót vagy egy kerékpárt vízszintes közlekedésre optimalizáltak, egy drónnak nem jelent különösebb jelentőséget, ha egy meredek lejtőn kell feljutnia, így nem fárad el, mint egy ember, vagy fogyasztása nem lesz olyan jelentősen kiugró, mint egy autóé, tehát független a földfelszín mivoltától.

1.1.3. Biztonság

A drónok legfontosabb tulajdonsága, hogy pótolhatóak. A mindennapi közlekedésben nagyon gyakoriak a balesetek. Mivel a jelenlegi csomagszállítás a közutakon történik, így a futárok sem képeznek kivételt ezalól. Napjainkban nagyon elterjedt munka lett a futárkodás, ami a mobilitásának is köszönhető, mert nem kér nagy befektetést. A futároknak elég rendelkeznie egy olcsóbb robogóval vagy kerékpárral (és a hozzá szükséges képzettséggel), illetve természetesen sokan a saját autójukat is tudják használni, ezért gyakorlatilag bárkiből lehet futár. Viszont a biciklik vagy robogók kisebb védelme és a forgalmi szabálytalankodások és a feszített munkatempó okozzák a legtöbb balesetet és kárt. Drónok alkalmazásával a balesetek mennyiségét és súlyosságát is minimalizálni tudjuk, mivel várhatóan kicsi az úton az emberek és drónok érintkezése, legrosszabb esetben a drón, illetve valamilyen felület sérülne, amennyiben lezuhanna

egy modell. Joggal merül fel a kérdés, hogy egy drón lezuhanása nem veszélyes-e. Erre a válasz természetesen igen, veszélyes, de még mindig biztonságosabb a kerékpáros élete veszélyeztetésénél. Arányaiban elérhető ezáltal a biztonságosabb futárkodás.

1.1.4. Környezeti hatás

A biztonságról szóló bekezdésben már megemlítettem, hogy a kerékpárok használata nagyon elterjedt. Ezzel természetesen nem tudja felvenni a versenyt a drón környezetbarát szempontból. Ellenben a kerékpárok mellett a robogók és autók ugyanúgy hatalmas számban vannak jelen, amik rengeteg kipufogógázt bocsátanak ki magukból. Ezt a folyamatot a rendszeres dugók tovább szítják, ráadásul a belvárosi sűrűbb népesség igénye még terhelőbb a környezetre nézve, ma már minden nap látható városon belülről a szmog, amit ezen járművek kivonásával valamelyest csökkenteni lehetne.

Azonban a drónok szemszögéből is van a környezetre káros hatásuk, ugyanis az őket működtető akkumulátorok előállítása folyamatosan apasztja lítium készleteinket, ami napjainkban már komoly viták tárgya, hogy valóban megéri-e ennyi akkumulátort gyártani, ugyanis egyrészt a Föld készletei végesek, másrészt maga az előállítása is környezetszennyező folyamat.

1.2. A drónok hátrányai [3][2]

Minden folyamatot jellemez egyfajta egyensúly, ahogyan a technológiát is. A legtöbb új ötlet sokat kínál, de általában cserébe valamilyen árat kér. Ha például egy modellen anyagot spórolunk, az súlyban könnyebb lesz, így az ezzel járó hátrányok nagyobb hangsúlyt kapnak, mint a modell előző állapotában, vagy ha nagyobb pénzt fektetünk be, cserébe tartósabb struktúrával ruházzák fel a modellünket, vagy ugyanazt a színvonalat rövidebb idő alatt valósítják meg. A drónok hátrányai leginkább méretéből, illetve felhasználásának módjából fakadnak. [1]

1.2.1. Fizikai gyengeségek

Könnyű szerkezete rendkívül sérülékennyé teszi a drónokat, egy-egy kisebb ütközés is képes repülésképtelenné a szerkezetet, vagy ha valami a propellerek közé kerül, könnyen megakaszthatja őket, esetleg el is törheti a szárnyakat. A legnagyobb veszélyt a városi madarak, első sorban a galambok jelentik. Ahogyan egy repülőgépet is képesek a madarak tönkretenni, úgy egy hozzájuk hasonló méretű eszköz teljesen tehetetlen, ha bekapja egy madár szárnyát.

Emellett akár a saját csomagjuk is veszélyt jelenthet, mivel maguknál súlyosabb tárgyat is képesek reptetni, ha valahol meghibásodik egy szenzor és rosszul méri fel a távolságát egy másik drónhoz képest, vagy elejti a csomagot, akkor egy alacsonyabban repülő drón könnyedén használhatatlan állapotba kerülhet.

Végül fontos megemlíteni, hogy a kis modell kis teherbírást is jelent. Ugyan vannak nagy teherbírású drónok, amik jelentős terheket képesek mozgatni, ilyen modelleket például építkezéseken célszerű használni, ám a csomagszállítás világában a csomagok méretéből fakadóan nem is érdemes jelentős mérettel vagy súllyal kalkulálni, kölcségtetés szempontjából is megéri a hagyományos szállítást folytatni. Így nem szükséges új modellek gyártása, folyamatos karbantartása és üzemeltetése.

1.2.2. A rendszer sebezhetősége

Rendkívül fontos, hogy pillanatról pillanatra kapcsolatban legyünk a drónokkal. Ezt műholdas kapcsolattal érhetjük el, viszont mint minden elektromos rendszert, ezt is ugyanúgy veszélyeztetik azok a környezeti hatások, mint például egy háztartást. Hosszabb áramkimaradás esetén lehetetlen lesz maga a szállítás is, de akár rövidebb kapcsolatmegszakadás esetén is a drónok összehangolt közlekedése felborulhat. Ezen kívül a drónok egyéni biztonsága sem garantált. Rendszerüket ugyanúgy meg kell védeni az elektronikus támadásoktól, mint egy szervert. Két fenyegetést is rejt magában, ugyanis egy egyszerűbb, de sikeres támadással is már képesek lehetnek az elkövetők a drón megbénítására, ami balesetekhez vezethet, emellett viszont egy komolyabb támadással az irányítást is átvehetik a modell felett. Innentől kezdve pedig a támadókon múlik a felhasználása, nem véletlenül fordítanak rá az egyes országok katonai szervezetei jelentős erőforrásokat, hogy drónokat szereljenek fel bevetésekre, mivel szenzorok mellett fegyverekkel is elláthatóak, de önmagában is rendkívül mobilis hírszerző egységek a drónok.

1.2.3. Szabályozások

Ahogy egy hétköznapi autóra, úgy a drónokra is vonatkoznak bizonyos szabályok. Sajnos ezen szabályoknak nagy része nem teszi lehetővé egy, az általunk megálmodott rendszer működését, mivel automatizált lenne, „mindössze” ember által, kamerán és monitorokon keresztül történne. Hasonló rendszerek már működnek éles tesztelésben, de ott a szállítást a szárazföldön közlekedő, önvezérelt gépek látják el. A tervezéskor mi feltételeztük, hogy a megvalósítás idejére az emberiség belátja és lehetővé teszi hasonló projektek létrejöttét és működését.

1.2.4. Morális kérdések

A drónok rossz célra való felhasználásáról már említést tettem a rendszer sebezhetősége kapcsán, ám emellett elhaladtam, hogy a lakosok körében ez milyen szinten él. Nagyon sok science fiction film hiteti el, hogy milyen nagy probléma is ez, ettől pedig mindenki gátakat képez magában és akarva, akaratlanul is ellenzi egy miénkhez hasonló rendszer ötletét. Természetesen a veszély létezik, valós, ám a kiberbiztonság is napról napra fejlődik és szerencsére manapság nem hemzseg a média létező (és nem clickbait) sikeres kibertámadásoktól, ami pedig napvilágot lát, általában egyből tartalmazza a friss és megbízható orvoslását a problémának.

A másik, egyben legjelentősebb kérdés a jelenlegi munkaerő ezen a piacon. A Covid-19 járvány alatt lendült meg legjobban az alkalmazott futárok száma, és egy ekkora gépesítés jelentős mértékű munkaerőtöbbletet jelentene, ami más területen jelenne meg. Ehhez hozzászámolva, hogy a futárkodás nem igényel képzettséget, a szakképzetlen munkaerő feltolulása akár egy kilátásban lévő probléma lehet. A munkavállalók oldaláról nézve viszont ez a munkájuk elvesztésével járna, amit egy kevésbé jutányos, vagy akár semmilyen munkahely váltana fel, ha nincsen képzettsége.




2. Dróntípusok

A házhozszállító drónokat több szögből is meg kell vizsgálni, mielőtt üzembe helyeznénk, hiszen meg kell felelnie az elvárásoknak, melyeket az alábbi szempontok szabnak meg: [2] [1]

- megfelelő röptávolság és üzemidő
- elegendő teherhordó képesség
- egyszerű javítás és karbantarthatóság
- megfizethető ár

2.1. Főbb dróntípusok

1. táblázat: dróntípusok, amelyek alkalmasak a szállításra [2]

Típus	Előnyök	Hátrányok	Kép
Rögzített-szárnyú	Nagy röptáv, Hosszú üzemidő, Nagy lefedettségi terület	Speciális felszállópálya igény (katapult vagy leszállópálya), Alacsony manőverezhetőség	
Pilóta nélküli (robotpilótás) helikopter	*VTOL képesség, Jó manőverezhetőség, Nagy teherbírás	Drága, Nagy karbantartási igény	
Multikopter	Olcsó, Gyors üzembe helyezés, Kis tömeg, Kis felszállási térigény	Korlátozott teherbírás, Időjárásra való különös érzékenység (alacsony súly miatt), Rövid üzemidő, Kis lefedettségi terület	

*VTOL: vertical takeoff and landing. Magyar fordítás: vertikális fel- és leszállás

2.2. Alkalmas drón választása [2]

- Rögzített-szárnyú drónok:

A nagy röptávolság és a hosszú üzemidő lehetővé tenné a viszonylag kis darabszámú drónrendszer működését, viszont a sajátos fel- és leszállási igények ezt csak előre megépített leszállópályákra engednék meg, így nem felel meg a házhozszállításra, legfeljebb a csomagelosztó központok közti transzportálásra.

- Pilóta nélküli (robotpilótás) helikopter:

Jó manőverezhetősége és nagy teherbírása nagyon ideálissá teszi a házhozszállítás céljára, viszont rendkívül drága és körülményes a karbantartása, ezért nem fenntartható ez a dróntípus.

- Multikopter:

A másik két dróntípushoz képest sok hátránya van, viszont ezek csak relatív hibák és minden más téren kompenzálja a többi hibát. Kis terhelhetősége és üzemideje miatt nagy darabszámra van szükség, viszont megfizethető megoldást nyújt. Ez az ideális dróntípus.

2.3. Ideális multikopter [1] [2]

1. táblázat: a különböző drón típusok ismertetése [2]

Drón mérete	Drón tömege (kg)	Példa	Üzemidő (perc)
Mikro	<0,1	Kogan Nano	6-8
Nagyon kicsi	0,1	Parrot Disco	45
Kicsi	2-25	DJI Spreading Wings	18
Közepes	25-150	Scout B-330 UAV helikopter	180
Nagy	>150	Predator B	1800

Az átlagos csomagméretre való tekintettel a drón mérete a kicsi kategóriába esik, hiszen főleg pár kilógrammos csomagok szállítása a cél.

Mivel 20 perc a maximális üzemidő ezeknél a drónoknál, ideális lenne egy cserélhető akkumulátor kialakítás. Ez lehetővé tenné, hogy a drónokat folyamatosan üzemeltessük töltési idő nélkül. Ez a megoldás csak nagyjából 15 percenként igényelné a drónok egyik töltőpontjába való térését.

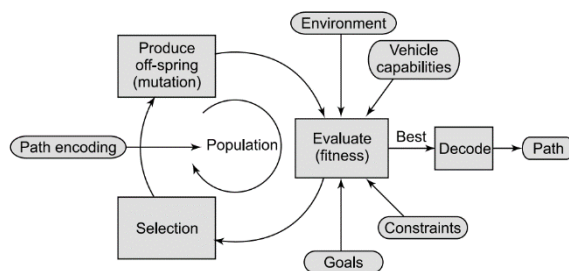
Az átlagos csomag tömege nagyjából 1.5-2.5 kg. Ezeknek a csomagok szállításához egy nagyjából 20 kg súlyú drónra lenne szükség.

A multikopterek egyszerűen szétszerelhető drónok, így könnyű a karbantartásuk és nem igényelnek magasan képzett szakembereket. Ezen felül alkatrészeik nagy része egyszerű műanyagból, vagy könnyen előállítható és egyszerű fém részekből áll, melyek utánpótlása olcsó és gyors.

3. A repülés megtervezése [1]

Az egyik legfontosabb kiindulási pont, az útvonal megtervezése. Ezt különféle módokon lehet elérni, ezekre létrehozta különféle szoftvereket, mely kiszűrik az akadályokat és ezáltal csökkentik a baleseteket. Emellett a vészhelyzetekben is képesek nyugodtak maradni és megtalálni vészhelyzet mielőbbi megszüntetését vagy elhárítását. Egy ilyen program akár több célt is képes szem előtt tartani és több drón esetén képesek kommunikálni egymással, így csökkentve az útvonalban történő kereszteződéseket. A legtöbb ilyen szoftver egy mesterséges intelligencia, amely a saját, korábbi hibáiból okulva képes jobb döntéseket hozni az adott helyzetben. A másik rendkívül fontos, figyelembevételi tárgy az idő, mialatt megteszi a számára legjobbnak vélt utat. Az időbeli megtervezés során figyelembe kell vennie a környezeti adottságokat (hegyeket, folyókat) és az ember által épített építményeket (házakat, templomokat, villanyvezetékeket, hidakat). [1]

Egy ilyen program működése az alábbi módon szemléltethető:



1. Az összes útvonal megtalálása
2. Szűrés az előbb említett szempontok szerint
3. Kiértékeli a legjobbnak vélt utat a
 - Célok
 - Saját kapacitása, korlátjai
 - És a környezet szerint
4. Dekódolja
5. Megadja az útvonalat a drónnak

4. ábra: az algoritmusok működési elve [1]

3.1. Útvonaltervező programok [1][2]

3.1.1. Ardupilot

Az egyik legsikeresebb és legelterjedtebb ilyen szoftverprogram az Ardupilot. Ez egy megbízható, nyílt forráskódú, bárki számára elérhető szoftver. Főleg kisebb drónokra, multikopterekre, kisebb vízijárművekre írták az programkódját, de mostanára már szinte bármilyen nem ember által irányított járművet képes vezérelni. Egyedi tulajdonsága, hogy az azonnali kommunikáció mellett, más járművekkel is képes kapcsolatot létesíteni, így akár egy drón egy meghibásodás esetén képes leszállni egy kisebb motorcsónakba, mely a szárazföldre vissza képes vinni őt. Mivel mindenki számára látható a kódolása, így egy apró hiba már az új frissítés után észrevehető bárki által és jelezve a cégnek, gyorsan javítható az apró kódhiba. [1]

Az alábbi képen látható egy ilyen algoritmus működési folyamatai közben:



5. ábra: működési folyamat ismertetése [2]

3.2. Szabályozások [1]

3.2.1. Európai Unió területén

Az Európai Unióban, így Magyarországon is érvényesek a dróntörvények. 2017-ben az European Aviation Safety Agency dolgozta ki ezeket a szabályokat, amik ugyan néhány országban eltérhetnek, az Unió nagy részében hatályosak. Ez annyit tartalmaz, hogy a drón üzemeltetőjének, vagy tulajdonosának nyilvántartást kell kezelnie a tulajdonában álló drónokról. Ez a nyilvántartás tartalmazza a 120 grammnál nagyobb tömegű és/vagy kamerával rendelkező és/vagy a távirányítástól 100 méternél messzebb repülő légi járműveket. Emellett egyrészt a repülés minden pontjában, távcső nélkül szabad szemmel látnia kell az általa irányított drónt, másrészt a légi jármű nem távolodhat el a földfelszíntől 120 méterre.

3.2.2. Magyarország területén

Magyarországon 2020 óta van hatályban efféle törvény, mely tartalmazza, hogy semmilyen körülmények között nem repülhet emberek, embertömeg felett. Kötelező képzést kell elvégezni és vizsgát kell tenni minden olyan embernek, aki ezt szeretné irányítani. Tisztában kell lennie a légtérhasználat szabályaival. Illetve egy mobilapplikáción (mydronespace) keresztül engedélyt kell kérni a magyar légtérirányítástól az esetleges drónhasználat

4. A drónok telephelyei [2]

4.1. A telephelyek tulajdonságai

Projektünkben az elméleti háttér megismerése után egy megvalósítható rendszert szerettünk volna megalkotni, amelyet már napjainkban is képesek lennénk alkalmazni. Ezekhez olyan telephelyekre van szükség, amelyek kapacitásukban és hatékonyságukban megfelelnek a szállítási hálózat működtetéséhez.

Minden telephelyen szükség lenne töltőállomásokra, amelyek az időjárási viszonyoktól függetlenül képesek feltölteni a drónokat két kiszállítási között. Napsütés esetén napelemmel működtetett, az elektromos autók töltőállomásaihoz hasonló rendszer állna rendelkezésre, amely megújuló energiaforrásként állna fent. Borultabb, esetleg viharosabb vagy téli időjárás esetén zárt épületben lévő töltőállomásokat kell biztosítani a drónoknak.

A telephelyeket csoportosítani lehet típusuk alapján, lehetnek nagy telephelyek, illetve kisebb telephelyek, mind a két típus különböző feladatokat lát el. Egy telephely csoport egy nagy telephelyből, és 2 vagy akár több kicsi telephelyből is állhat, a területi viszonyok alapján.

4.2. Az állomások típusai

4.2.1. A nagy telephelyek

A nagy telephelyek az adott területen álló telephelycsoportok hatósugarának közepén helyezkednek el, annak érdekében, hogy az összes kisebb telephely vonzáskörzetében benne legyenek, akár besegítsenek a szállításban túlterheltség esetén.

Fő feladatuk a környezetükben található telephelyek drónjainak karbantartása, ellenőrzése, esetleges kicserélése.

Itt megtalálható lenne egy irányítóközpont, amely jelen időbeli lekövetéssel tudná felügyelni a drónok mozgását, tartózkodási helyét. Az üzemeltetők közvetlen kapcsolatban állnak a többi telephellyel, ezáltal rövid időn belüli problémamegoldásra is kompatibilis a rendszer.

A szerelések illetve a töltés érdekében kiépítendő egy műhely ezekhez a telepekhez, amely megspórolná a különböző külső szerelőműhelyek munkáját és idején, ezzel párhuzamosan pénzt és infrastruktúrát spórolhatunk meg. A drónok által elhasznált akkumulátorait ezekben a műhelyekben lehetne összegyűjteni, majd a nehézhulladék leadóba elszállítani.

4.2.2. A kicsi telephelyek

Az úgy nevezett „kisebb” telephelyek, avagy mobil állomások fő feladata a rendelések felvétele, majd a telephelyen vagy a közelben lévő drónok mozgósítása a szállítás lebonyolítására.

Ezek a telephelyek nagy vonzáskörzetű bevásárlóközpontokban, plázákban lenne megtalálható, mivel innen érkezik a drónok súlycsoportjának megfelelő szállítások nagyrésze.

Ezeken a telephelyeken szintén megtalálható egy napelemekkel működtetett töltőállomás, amely ideális esetben a tetőn elhelyezendő, egyéb időjárás viszonyokban a bevásárlóközpontokban kibérelt helyiségekben lenne megtalálható.

Az ilyen mobil állomások az elsődleges rendelés befogadók, azaz egy rendelés leadása esetén innen érkeznek a szállító drónok elsősorban.

A rendszer hatékonysága érdekében olyan üzleteknél lennének a telepek elhelyezve, amelyek a nagyváros városközpontjának közelében helyezkednek el, mivel itt a legnagyobb a népsűrűség, illetve kutatások szerint innen érkezik a rendelések jelentős része. A vidéki kiszállítások csak további terjeszkedések esetén lehetséges megvalósítani.

4.3. Az általunk megalkotott rendszer állomásai

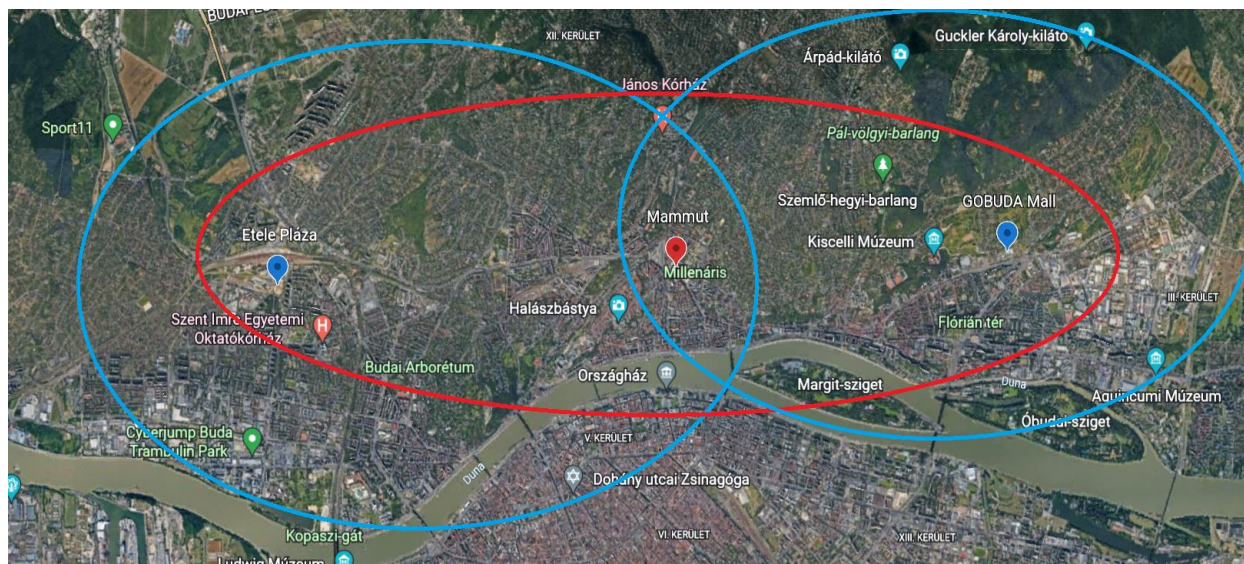
4.3.1. Az elképzelt koncepció

Szerettünk volna egy Budapest városközpontját lefedő gazdaságos drónhálózatot megalkotni, amelyet lehet felosztani: egy pesti és egy budai telephelyre. Ez a két telephely megfelelően lefedni a városközpont vonzáskörzetét.

Mindkét telephely az előbb említett telephely csoportokhoz hasonlóan egy nagy telephelyből és jelen esetben kettő kisebb telephelyből áll, oly módon, hogy a két kisebb telephely vonzaskörzetének körvonalának metszéspontjában a nagyobb telephely helyezkedik el, ezáltal mindkét mobil állomásnak tud segíteni a nagy állomás.

4.3.2. A budai telephely

A budai telephely állomásai a képen látható módon lettek elhelyezve, magába ölelve a főbb plázák és üzletek a körzetben. Ideális fő telephelynek a Mammút plázát választottuk, míg a mobil állomások az Etele plázában, illetve a GOBUDA plázában találhatóak meg.

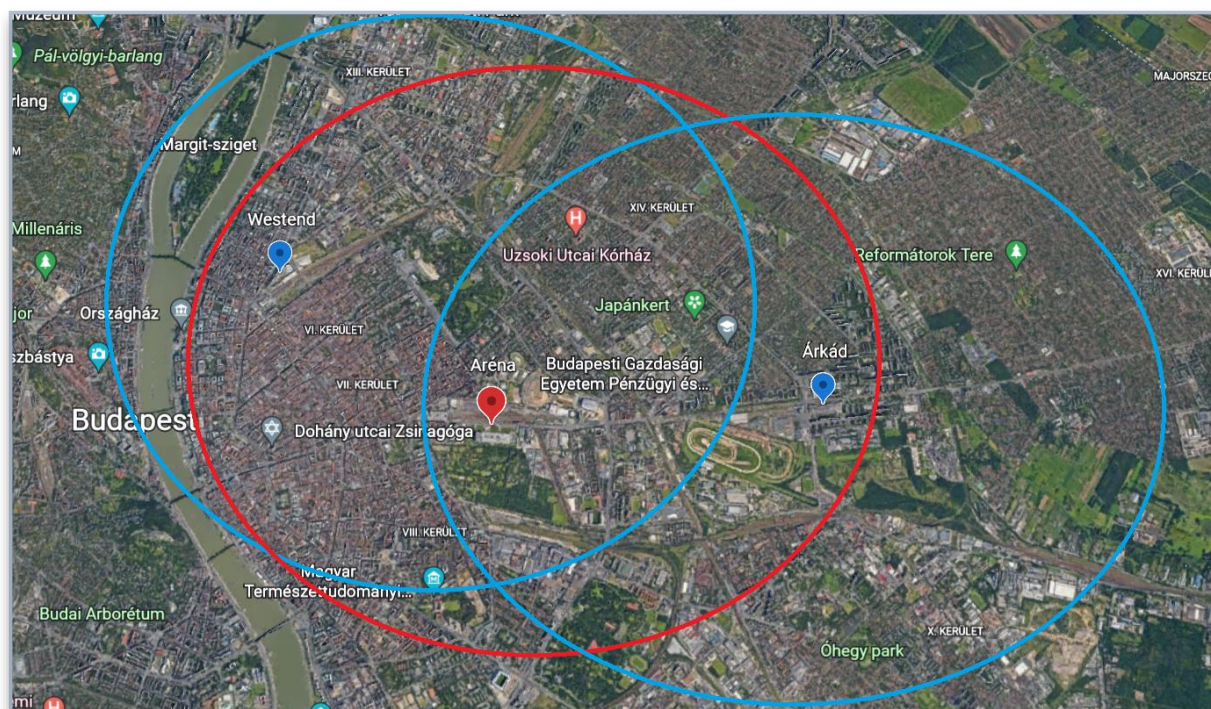


6. ábra: Csapatunk által megalkotott, Óbudán található telephelyek térképe [4]

4.3.3. A pesti telephely

A következő térképrészleten a pesti telephely állomásai találhatóak meg, illetve azok vonzaskörzeteinek körvonalai. A budai telephez hasonlóan itt is nagyobb bevásárlóközpontokra esett a választás, a fő központ az Aréna pláza lett, a kisebb telephelyek pedig a Westend és az Árkád területén helyezkednek el. Ezáltal megfelelően lefedik a terület

főbb üzleteinek, illetve épületeinek területét.



7. ábra Csapatunk által megalkotott, Pesten található telephely térképe [4]

5. Konklúziók

5.1. A projekt megvalósíthatósága

A csapatunk kutató munkája, és a jelenleg létező technológiai erőforrások alapján elmondható, hogy megvalósítható a drónok által való házhozszállítás napjaink környezetében.

Az ehhez szükséges anyagi háttér valóban jelentős, csak komoly befektetésekkel lehet megvalósítani, viszont rendszerünk zöldebb és természetbarát módszert alkotott a szállításra.

5.2. A telephelyek bővítése

Elmondhatjuk, hogy a megalkotott telephelyek az idő múlásával és a kínálat növekedésével bővíthető, ezáltal nagyobb területeket, akár országos méretű területeket is lefedhetünk a rendszer által a megfelelő keretek között, amely új korba segítené a szállítás technológiáját.

5.3. Az emberek helyettesítése?

Alapkérdéseink között fontos helyet foglalt el a gondolat, hogy vajon helyettesíthetőek e az emberek drónok segítségével? A kérdésre a válasz kétoldalú. Egyrészt igen, valóban megalkotható egy olyan rendszer, ami lecserélheti a fuvarozásban, szállításban dolgozókat, ezáltal csökkenne a sofőrök száma, illetve a városi forgalmat is megkönnyítené, amely természetbarát közlekedést eredményezhet. Azonban a lecserélt sofőrök helyett olyan szakembereket kellene alkalmazni, akik elég képzettek a drónok irányítására, felügyelésére, illetve olyan szerelőkre lenne szükség, akik a telephelyeken képesek megszerelni egy ilyen fejlett eszközt. Mint minden rendszernek, ennek is vannak előnyei és hátrányai.

Hivatkozás:

- [1] P. K. Garg: Unmanned Aerial Vehicles, ISBN: 978-1-68392-709-9
- [2] Daniel Tal, Jon Altschuld: Drone Technology in Architecture, Engineering, and Construction, ISBN: 9781119545897
- [3] Mohammad Sadraey: Synthesis Lectures on Mechanical Engineering ISBN: 9781681731681
- [4] Google Maps műholdfelvétele

Makszin Mihály, Molnár Zoltán, Samu Soma József, dr. Pálfi Judith: Pavegen[©] burkolat alkalmazása a Margit-szigeti futópályán

Makszin Mihály, Molnár Zoltán, Samu Soma József, dr. Pálfi Judith

Óbudai Egyetem, Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar, Budapest, Hungary, email:
makszin.miso@gmail.com ; molzoli233@gmail.com ; soma.samu2002@gmail.com ;
palfi.judith@kvk.uni-obuda.hu

Absztrakt: A mi csapatunk célja a Margit-szigeti futópálya jövőbetekintő megújítása áramfejlesztő burkolattal, amit a közvilágítás ellátásához használnánk fel, ezzel létrehozva a világ második energiatermelő futópályáját. A futópályához használt járólapok rendelkeznek egy saját applikációval is, ami egy pontos lépésszámláló, mely megmutatja a futás során megtermelt energia mennyiségét. Az általunk kiépített rendszerrel lehetőség nyílik a lokális energiaellátásra, amely az egyre nehezedő energiakrízis helyzetében fokozottan értelmet nyer, hiszen a centralizált hálózat terhelése helyett, ami esetleg a jövőben bizonytalanná is válhat, a helyi energiatermelést részesítjük előnyben, így kialakítva egy „mini-grid” típusú energetikai hálózatot, mely leveszi a terhet a nemzeti hálózatról. Mindazonáltal a projekt közkezdő növelő hatása is szignifikáns, hiszen egy új, vonzó, zöld, önfenntartó rekreációs, és sportpark kerül kialakításra a szigeten, így növelve a látogatók számát. A projekt megvalósítása, a Margit-szigeten található futópálya teljes területének újra tervezésével, ún. energiatermelő járólapokkal történt. Ezen járólapok a rájuk nehezkedő súly hatására speciális módon elektromos energiát állítanak elő. Ezt az energiát megfelelő méretű akkumulátor telep tárolja, mely sötétben biztosítja a futópálya egész területén lévő világítás energiaszükségletét.

Keywords: Pavegen[©], Áramfejlesztő burkolat, Decentralizált hálózat, Zöld, Akkumulátor

1. Bevezetés

Napjainkban hatalmas kihívást jelent az egyre növekvő villamosenergia-szükségletünk fedezése. A fosszilis energiahordozók fokozatos fogyatkozása miatt, ha jövőbe tekintően szeretnénk villamosenergia-hálózatainkat kialakítani, elengedhetetlen a megújuló, és alternatív energiaforrásokat figyelembe vennünk. A fosszilis energiahordozók azon tény mellett, hogy 50-100 éven belül kimerülnek¹, és már alternatívát kell keressünk, szignifikáns mértékben károsítják bioszféránkat, és bolygónk légkörét.

A projektünk keretén belül megtaláltunk egy diverz módon felhasználható alternatív energiaforrást, amely hogyha a megfelelő támogatást, és nagyüzemi gyártást elérné, valóban megoldást adhatna korunk nagy problémájára. Ez az alternatív energiaforrás a Pavegen[©] vállalat villamosenergia termelésre képes burkolata, amely a rajtuk közlekedő emberek által képesek kismennyiségű villamosenergiát előállítani.

Hazánkban fővárosunk Budapest, a legnépesebben lakott, legnagyobb népsűrűségű város, így amennyiben energiatermelés diverzifikálással szeretnénk próbálkozni, itt a legcélszerűbb, hiszen rengeteg adatot nyerhetünk ezen kísérletekből. Mi is így tettünk, projektünkben a Margit-szigetre fókuszáltunk elsősorban, mint kísérleti „alanyunkra”. A Margit-sziget hatalmas

turisztikai, és rekreációs vonzerővel bír, földrajzilag a város „közepe”, így a városfejlesztésben is prioritást élvez.

A leglátogatottabb területe a szigetnek a Rekortán szigetkör, így erre összpontosítottunk területfejlesztési elképzelésünk során. Ez a futópálya 5300 méter hosszú, a nyomvonal nagyrészen szélessége 1,4 méter, de néhol eléri az 1,8 métert is. Így a burkolt futófelület $\sim 7500\text{m}^2$. Ez a felületméret, és a futók száma, már alkalmas a jelentős energiatermelésre a Pavegen[®] burkolattal.

2. Eddigi megvalósult projektek

A Pavegen[®] vállalat jelenleg több mint 200 projektet vezet, 37 különböző országban. A vállalat legfőbb célja egy olyan decentralizált villamosenergia termelő hálózat létrehozása, mely nem függ a központi hálózat állapotától, terheltségétől, így bármilyen körülmények között képes az adott telepítési helyszínen biztosítani a villamos-energiaellátást. Az eddigi megvalósult projektek, kísérletek nagyrésze olyan helyszínen került kivitelezésre, amely nagyon frekvenciát, hiszen így maximalizálható az energiatermelés. A projektek között felfedeztük, hogy egy kísérleti, kisméretű, beltéri futópályát megvalósítottak Hong Kongban, ezzel is megerősítve minket, abban, hogy a kellő anyagi erőforrások mellett, megvalósítható a tervezett felújítás, és nemzetközileg is első lenne a piacon egy ilyen mértékű alternatív energiaforrás valóságos alkalmazása permanens kereteken belül, és nem kísérleti célokból.

Rengeteg helyszínen kísérleti céllal telepítésre kerülnek a lapok, ezzel is hatalmas mennyiségű adatot kap a gyártó a lapok állapotával, strapabírásával, teljesítményével kapcsolatban. Legnépszerűbb helyszínek, ahol megtalálhatóak ilyen burkolatok: fesztiválok, szórakozóhelyek tánctereit, Heathrow repülőtér, focipályák, edzőtermek. A lapok folyamatos fejlesztés alatt állnak, már több iteráción mentek keresztül. A Hong Kongban telepített lapok harmadik generációsak, amelyek az előző verzióhoz képest közel 200x annyi energiát képesek termelni.



The Quayside: Hong Kong, kísérleti futópálya



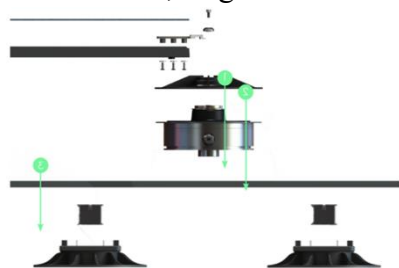
3.generációs Pavegen burkolat

3. Járólapok technikai adatai

Jelen cikkben a harmadik generációs járólapokkal foglalkozunk, így ezek specifikációi a mérvadóak. Minden járólap egy 500mm-es ekvilaterális háromszögből áll, amelynek a három csúcsában található illesztési pontnál 3 generátor helyezkedik el. A háromszögletű kialakítás

miatt maximalizálható a lépések által termelt energia, hiszen bárhova lépnek rajta, minden pillanatban 3 generátort érint a lépés. A járófelület, amellyel a felhasználó érintkezik, rendkívül strapabírónak kell lennie, erre a célra a GRP, azaz üvegerősített műanyagot találták legmegfelelőbbnek, amely egy polimer mátrixból és üvegszál-erősítésekből álló műanyag típus. Mind a generátor háza, és a kompozit járófelület képes 9kN folyamatos nyomóerőt szerkezeti sérülés nélkül elviselni, a nagy erőtürésen kívül a generátor IP68 besorolással rendelkezik, így minden időjárási körülmények között termelésre készek.

A termelés tekintetében, az új fejlesztésnek köszönhetően, és a háromszögletű járófelület kialakítása miatt, szignifikáns energiatermelésre képesek a lapok. A termelés működési elve a



*Pavegen 3. generációs járólap,
robbantott nézet.*



Pavegen 3.generációs Tile, generátor egysége

következő: Amennyiben a járólapokra valaki rálép, egy maximum 10mm-es depresszió jön létre, és ez az elmozdulás egy a Pavegen[®] által birtokolt szabadalom elvén átalakul forgómozgássá, tehát amint lenyomásra kerül egy lap a generátorokban egy lendkerék megpördül, és ez képes forgási energiát tárolni, így elnyújtott ideig képes energiát termelni. A hatásfoka ennek a folyamatnak sokkal nagyobb, ha sokan egymás után rálépnek ugyanarra a lapra, hiszen folyamatos energia befektetéssel a lendkerék mozgásban tartható, és nem kell többlet energiát felhasználni a kerék elindításához. A lendkerék, és az erre rögzített mágnesek alkotják a generátor forgórészét, és a periferián elhelyezett tekercsek, amelyekben indukálódik az áram, alkotják a generátor álló részét. Az axiális erő effektív átalakítása forgó energiává a kulcs a használható mennyiségű áram termeléséhez, és ezt szabadalmaztatta a Pavegen^{®3}. A járólapok ezen fejlett technológia által átlagosan 5W energiát képesek termelni normál sétálás, és nem intenzív lap depresszió esetén, azonban a mi felhasználási területünk egy futópálya, így a lapok intenzívebb depresszióval, és sebességgel fognak találkozni, így akár a csúcsteljesítmény elérheti a 8W/lépés értéket is.

Az energiatermelés mellett, fontos indikátorokként is használhatóak ezek az okos járólapok, hiszen hálózatra való csatlakoztatásukkal rengeteg fontos információt tudnak szolgáltatni az adott telepítési helyszínről, többek között, hogy egy adott perióduson belül hány ember fordult meg az adott helyen, milyen irányba közlekedtek többen, értesítést tud adni, hogyha valaki arra a helyre indulna amikor sokan tartózkodnak ott az érzékelők szerint, és javasol egy másik kevésbé zsúfolt állomást például. Vagy marketing szempontból fontos visszajelzést kaphatnak a környéken lévő üzletek, hogy mikor vannak ott emberek általában, mikor kell friss árukkal várni a lakosságot, és még megannyi felhasználása lehetséges. A mobil eszközre letölthető alkalmazásban lehetőség van nyomon követni mennyi energiát termeltünk a lépéseinkkel, és egyféle digitális egyenleget is gyűjthetünk, amennyiben az adott telepítő szervezet/cég ezt engedélyezte, és például a megtermelt energia ár-értékének megfelelően tudnánk támogatást küldeni, ugyanabban az ár-értékben különböző helyekre, ahol éppen erre szükség van.

4. A Margit-sziget viszonylata

A szigeten található futópálya világítási rendszerét, és további rendszereket működtetnénk a kiépített alternatívánkkal. Egyre több ilyen decentralizált termelésre van, és lesz a jövőben szükség, ami egy lépéssel közelebb hozza az önfenntartást, ami képes lenne hatalmas terheket levenni a központi hálózatról, továbbá a hálózat használatáért sem lenne szükséges fizetni, ha termelésünk elegendő, emellett, nem kéne tartani a bizonytalan eseményektől a hálózaton, amik befolyásolhatják a biztonságos működését egy adott létesítménynek. Ma is van lehetőség például napelem telepítésekor sziget-üzemi működésre, amely természetesen akkor működő képes, ha éjszakára, és alacsony termelési kvótájú időszakokra képesek vagyunk tárolni az energiát, valamilyen akkumulátorban.

A Margit-szigeti futópálya 2011-ben 72 darab egyenként 18W teljesítményű LED izzókat tartalmazó világítóoszloppal került felszerelésre⁴, Amellyel így egy egészen energiatakarékos ~1500W összteljesítményű világítási rendszert kapunk. Amennyiben ezt a rendszert estétől (19:00-tól), reggelig (6:00-ig) üzemeltetjük, ~17kWh energiát használunk fel, ez egy hónapra vetítve csupán ~510kWh. A lapjaink fentebb említett specifikációja alapján, egy lépéssel átlagosan 5W energiát termelhetünk futó körülmények között, ezen adatok alapján ha egy átlagos futó 1 órát fut 1Hz-es lépés gyakorisággal, akkor 1 óra alatt 3600 lépést tesz meg a pályán, ezzel 18kWh energiát termelve. A fentebb kiszámított 17kWh energiafelhasználás azt mutatja, hogy már egy ember képes lenne 1 óra folyamatos futással az egész futópálya energiaellátását fedezni, ha minden lépése a járólapunkra esne, azaz, ha a pálya egész felülete Pavegen lapokból állna.

5. Költséganalízis, kivitelezési taktika

Ahhoz, hogy megállapíthassuk hány darab Pavegen Tile-ra van szükségünk az általunk kitűzött termelési cél eléréséhez, egy több paraméteres analízist kell végezzünk.

- A kitűzött céltermelés 17kWh
- A gyártó által megadott adatok alapján, a V3 lapok darabonkénti MSRP ára 100-160 USD, ami átszámítva 41-66 ezer Forint közé tehető
- A lapok tervezett élettartama 5 év, és ezután minden alkatrészük újrahasznosítható
- A futópálya összesen burkolt rektorán felülete 7500m²

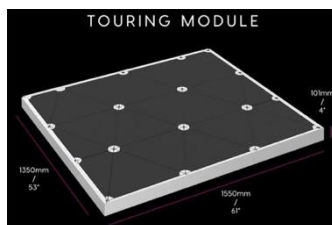
A költségtervezetnél több lehetőséget is megnéztünk, egyik esetben a minimumra törekszünk, második esetben hogyan alakulna a termelés ha adott szakaszokon lenne Pavegen lap, és harmadik esetben ha nagy költségvetéssel, az egész futófelület cseréje bekövetkezne. Számításaink során napi 500 futóval számoltunk, akik 1 óra folyamatos intenzív futást végeznek, 1 Hz lépésgyakorisággal:

Minden számítás során adott az 500 futó által megtett lépések száma, ami az 1 Hz lépésgyakoriság végett, 500*3600 lépés, ha 1 órát futnak. Ami 1.800.000 lépést jelent. A szükséges teljesítmények esetén 20% túlméretezéssel számolunk, az esetleges fel nem fedezett veszteségek, és bővítés lehetőségé végett.

1. Táblázat
szükséges burkolat mennyisége, és költsége

	Minimum szükséges termelés elérése: 17kWh(20kWh)	Bizonyos szakaszok lefedése esetén: 1Mrd Ft költségvetésből (500 Millió Ft) 1699,2 kWh termelés	Teljes pályalefedettség esetén: 9000kWh termelés
Szükséges burkolat:	17m ² stratégiailag elhelyezve.	1416 m ² lefedése	7500m ² lefedése
Touring module(18db lap)	1350mm x 1550mm 9 modul szükséges	1350mm x 1550mm 677 modul szükséges	1350mm x 1550mm 3585 db modul szükséges
Költség:	(9*18*66000Ft)= 10.692.000Ft	(677*18*41000Ft)= 499.626.000Ft	(3585*18*41000Ft)= 2,646 Mrd Ft

A gyártó által készített ún. „Touring Module” egy könnyen telepíthető 1350mm x 1550 mm dimenziójú modulok, tökéletesen felhasználhatóak a mi esetünkben is. Egy ilyen modul 18 db lapot tartalmaz téglalap alakban elrendezve, így például egy folyosóra tökéletesen telepíthető. Számításaink során első esetben a minimumra törekedtünk, ami fedezné a futópálya folyamatos energia szükségleteit, ami naponta túlméretezéssel 20kWh.



A gyártó által készített moduláris kivitel, 18 lap, 2, 0925m² járőfelülettel

Ha 1 óra futással számolunk 1 napra, 500 emberrel, a napi lefutott órák száma 500h. Feltételezünk egy 1Hz es lépés gyakoriságot, így az 500h alatt megtett lépések száma 1.800.000db. Ez minden esetben állandó, és a lapok termelése is állandó, így a megtermelt energiát az befolyásolja, hány darab, és hova kerül elhelyezésre a lapokból.

A maximális teljesítményből kiindulva, ami akkor releváns, ha a futófelület 7500m² területét végig Pavegen lapokkal burkolnánk le, egészen meghökkentő 9000kWh/Nap villamosenergia termelést kapnánk. ($\frac{\text{lépések száma} \cdot \text{lap teljesítmény}}{1000} = E_{max}[kWh]$) Ennek az anyagköltsége is kirívóan hatalmas lenne, 2,646 Mrd Forint. ($\text{Touring modulok száma} \cdot 18 \cdot \text{lap darab ár} = \text{Költség}$). Ez a mennyiségű pénz talán soknak hangzik, de ez egy megtérülő befektetés a jövőbe, hiszen hatalmas mennyiségű energiát képesek lennénk megtermelni,

függetlenül az időjárástól, szinte láthatatlanul, ami egy belvárosi területen egészen nagy prioritás, hiszen nem szeretnénk a látképet napelemekkel, kollektorokkal, esetleg vertikális szélérőművekkel elrontani, emellett számításaink során az energiafelhasználást felülbecsültük, és a futók számát, és futási idejüket alá, így ez a megtermelt energia a jövőben még több is lehet. Ezen számítást követve tudjuk, hogy az így maximálisan kihozható energiatermelés 9000 kWh, ami a nekünk szükséges 20kWh 450-szorosa, Így logikusan adódik, hogy a változók közül a lapok által lefedett területtel tudunk változást elérni, tehát ha 7500 m² lefedettség 9000kWh energiát termel, akkor ennek a 450-ed része az általunk kimért 20 kWh teljesítményt megadja. Ez méreteken egy 17m² fedett területet jelentene, ami költségek tekintetében egy elfogadhatóbb 10.692.000 Ft-os beruházást jelentene. Harmadik esetként egy konkrét pályázati költségvetésből számoltunk, ahol az egész projekt kivitelezésére, munkaerővel, lapokkal, akkumulátorokkal, ezekhez szükséges erőforrásokkal, 1 milliárd forint jut. Ez esetben a költségvetés 50%-át a Pavegen harmadik generációs lapjaira fordítjuk, és ehhez alakítjuk ki a további szükséges projekt elemeket. Amennyiben 500 millió forint értékben van lehetőségünk lapokat vásárolni, az a fentebb már említett számítások alapján 1416 m² lefedésre elegendő. Ez is egy hatalmas terület, energiatermelés tekintetében hiszen így is képesek lennénk 1699,2 kWh energiát megtermelni a megadott számítási paraméterekkel.

Ha figyelembe vesszük a lapok 5 éves biztosított élettartamát, és a villamosenergia árakat, kiszámítható, hogy mekkora megtakarításokkal rendelkezünk az 5 éves élettartam végére, esetleg, hogy megtérül-e a telepítés, és kivitelezés, így minden következő ciklus telepítése kvázi „ingyen” történik.

2. táblázat
szaldó termeléshez viszonyított költségek

	20kWh/Nap termelés 5év:(3500kWh)	1699,2 kWh/ Nap termelés, 5év:(3101MWh)	9000 kWh/ Nap termelés 5év: (16425MWh)
Megtermelt energia ára(2022.11.1) 5 éves ciklusra(egyetemes A1:166,54Ft/kWh) ⁵	6.078.710 Ft	516.447.201 Ft	2.735.419.500 Ft
Szumma költségek(Lapok)	- 4.613.290 Ft	+ 16.447.201 Ft	+ 89.689.500 Ft

Ezen táblázatból leolvasható, hogy még a legrosszabb teljesítési paraméterekkel is számítva, a rendszer 3ból 2 esetben képes profitot termelni, így az 5 éves ciklus végén van költség keret újra lecserélni őket.

A projekt legfőbb célja az alternatív energia használata, amivel teljesen öfenntartóvá válhatunk, de nem szabad elfelejtkezni a környezetkímélő mutatókról sem. Nézzük hogyan alakul az 5 éves ciklus alatt a rendszerünk által kiváltott szén-dioxid mennyisége:

3. táblázat
megtermelt energia CO₂kiváltása

	5 éves 36500kWh termelés esetében:	5 éves 3101MWh termelés esetében	5 éves 16425MWh termelés esetében
kiváltott CO ₂ mennyisége (1kWh=0,269kg CO ₂) ⁶	9818,5 kg ~10 tonna	834.169 kg ~834 tonna	61.059.479 kg ~61000 tonna

Ezen adatok alapján belátható, hogy a jelenlegi magyar villamosenergia-termelési rendszer helyett az alternatív energiaforrásunkat válasszunk, már ilyen kis lefedettségben is mint egy futópálya, nagy mennyiségű szén-dioxid kibocsátást válthatunk ki.

Következő kihívást a projektben az energia tárolása jelentette, ezzel következő fejezetben foglalkozunk.

6. Az energia tárolása 7,8,9,10

Az energia tárolásának módja is fontos tényező. Olyan akkumulátort kerestünk, ami szélsőséges körülmények mellett is funkcionál, rendelkezik a megfelelő kapacitással, nem kell sokat foglalkozni karbantartásával, és környezetbarát is, emellett pedig biztonságosak. Az akkumulátorok használata a központi hálózatról is képes egy nagyobb terhet levenni, teljes önfenntartást jelentene energiagazdálkodás szempontjából, telepítésük után nem jelentene gondot az energia beszerzése, ugyanis a megtermelt felesleges energiát így el tudnánk tárolni. Többféle akkumulátor használata is felmerült, de végül a LiFePO₄ akkumulátorfajta mellett döntöttünk.

4. táblázat
Li-Ion és LiFePO₄ tulajdonságainak összehasonlítása

	Lítium-ion	LiFePO ₄
Ciklus élettartam	500-1000 ciklus	1000-10 000 ciklus
Fajlagos energia	100-265 Wh/kg	90-160 Wh/kg
Működési hőmérséklet tartomány	-25° C – 60 ° C	-20° C - 60° C

Ezen típusú akkumulátorok számos előnnyel rendelkeznek egy Lítium-ion akkumulátorhoz képest is. Nagy kapacitásuk mellett sokkal biztonságosabbak, kevésbé tűz- és robbanásveszélyesek. Működési hőmérséklet tartományuk -20 és +60 Celsius fok között van, ilyen szélsőséges időjárás pedig nem fordul elő Magyarországon, ezért fenntartásuk sem fog bonyodalmat okozni.⁷ Mivel nem tartalmaznak mérgező anyagokat, nagyfokú veszélyes hulladéknak sem minősülnek. A LiFePO₄ akkumulátor kémiai összetétele és kisebb energiasűrűsége miatt azt jelenti, hogy biztonságosabb, gyulladásveszélye minimális. Élettartamuk is jelentősebb, nagyjából 1000 – 10000 ciklus. Igaz, a Lítium-ion akkumulátorok fajlagos energiája nagyobb, de ez hordozható eszközöknél jelent előnyt, számunkra ez lényegtelen. Emellett, egy lítium-kobalt akkumulátorhoz szükséges kobalt mérgező és bányászata jelentős etikai kérdéseket is felvet, egy LiFePO₄ akkumulátor pedig újrahasznosítható is. A tárolást 5 db párhuzamosan összekötött Volta's 5,12 KWh-s akkumulátorral oldanánk meg. Ezek CAN-busz portokon keresztül kommunikálnak, megosztva a cellaparamétereket. Egy ilyen akkumulátor 1 250 000 Ft-ba kerül, így az öt darab

6 250 000 Ft-ra jön ki. Ezek élettartama miatt elég lenne 10 évente cserélni őket, tehát 5 évre számolva az áruk 3 125 000 Ft lenne. Az energiatárolása mellett, a hálózatba való visszatáplálás lehetőségét is meg kell adni, így szükséges egy nagy teljesítményű inverter is. Inverternek a Huawei egyik eszközét használnánk, kedvező paraméterei, és kapacitáshoz mért alacsony ára miatt. ez 2 100 00 Ft-ba kerülne. Az akkumulátorok, és az inverter tárolására egy monolit vasbeton falakból épített transzformátorházat alkalmaznánk^{10,11}, előnyük, hogy ideális körülmények között előszerelt állomások, méretük pedig majdnem elhanyagolható. A 3,2x4,18x3,32 méter nagyságú blokkot a sziget nyugati oldalán, a Nyugdijasok rétje és a strand között helyeznénk el, ez egyszeri 5 000 000 Ft-ba kerülne. Az ezeket összekötő földkábelek ára az egész szigetet behálózva további 5 500 000 Ft beruházást jelentene, ez lefedi az egész sziget közvilágításához szükséges földkábel. Ez azt jelenti, hogy az első öt évre ez **15 725 000 Ft + építési költséget** jelent, azonban a következő öt évben az állomást és a kábeleket nem kell újraépíteni, tehát akkor már a második, és harmadik esetben is képesek lennénk profitot termelni.

5. táblázat
Termeléshez viszonyított építési, és burkolatköltségek

	20kWh/Nap termelés 5év:(3500kWh)	1699,2 kWh/ Nap termelés, 5év:(3101MWh)	9000 kWh/ Nap termelés 5év: (16425MWh)
Megtermelt energia ára(2022.11.1) 5 éves ciklusra(egyetemes A1:166,54Ft/kWh) ⁵	6.078.710 Ft	516.447.201 Ft	2.735.419.500 Ft
Szumma költségek	- 7.738.290 Ft (egyszeri -10.500.000 és építési költség)	+ 13.322.201 Ft (egyszeri -10.500.000 és építési költség)	+ 86.564.500 Ft (egyszeri -10.500.000 és építési költség)

7. Szociális, turisztikai hatások

A sziget futópályája nagyon híres a futni vágyók körében, az év során számos futóversenynek ad otthont. Egy ilyen fejlesztéssel a mostaninál is nagyobb híre lehetne a pályának. Nem csak belföldi, hanem nemzetközi visszhangja is lenne egy ilyen volümenű projektnek, feltehetőleg egy-egy megrendezett versenyen, aminek része a futópálya is, a mostaninál is nagyobb létszámra, és érdekeltségre tenne szert, ezáltal több márka lenne érdekelt a versenyek bármilyen formájú támogatásában. Ezen felül, biztosíthatjuk, hogy a hobbi futók köre is nőne, több embert elragadna a projekt újszerűsége, és kipróbálnák magunkat a sport világában. Sokan eljönnének a "látványosságot" kipróbálni és lehetséges, hogy ez által számos ember szeretne bele a futásba, mint sportágba. A megvalósult projekt ezen felül egy turisztikai célponttá is válna Budapesten belül, hiszen a járólapok egyelőre nagyon kevés helyen vannak folyamatos használatban. Sok ember figyelmét lehetne felhívni az öfenntartás, a környezettudatosság és a spórolás fontosságára, ami a mai világban egy kifejezetten releváns téma.

Napjainkban egyre nagyobb gondot jelent az egészségtelen életmód. Ez származik az egészségtelen táplálkozásból és a mozgás hiányából. A város lakói túlságosan belefásulnak a szürke hétköznapiakba. Valamivel meg kell ragadni az érdeklődésüket, hogy nyissanak valami

új felé amit eddig még nem próbáltak. Ezen projekt megvalósításával az energia zölden történő megtermelésén kívül, hozzájárulna még a város lakóinak ösztönzéséhez, hogy változtassák meg életmódjukat. Sokan vannak akik eddig kerülték a sportot, viszont ez a forradalmi futópálya rengeteg ember figyelmét keltene fel, és mozgásra ösztönöznék azokat is akik eddig nem végeztek rendszeres testmozgást. Ha már csak egy személyt sikerül ösztönözni, hogy belekezdjen valamiféle új tevékenységbe, sokkal nagyobb esély van arra, hogy megszereti azt a tevékenységet és rendszerességgel fogja folytatni, ezzel ösztönözve ismerettségi körét is, ugyanis a sport fontos része az ember életének. A testmozgás fitten tartja a testet emellett a szellemi koncentrátságban is segít. Sokan vannak akik nem tudják levezetni a feszültségüket és ez előbb utóbb depresszióhoz vezethet, viszont a sport ilyen helyzetekben rengeteg embernek nyújtott már segítséget. Jelen esetben a futás segít a hétköznapi problémák elfeledésében, mivel ilyenkor az agy „kikapcsol”. Emellett a város egyik legszebb területén a természetben van lehetőségük mozogni az embereknek.

8. Nemzeti közvélemény

A korszerűsített futópálya további nagy előnye a főváros hírnevének öregbítése. Ilyen elektromos energiát termelő járólap egyelőre kevés országban található, így nagy hírnevet kapna a város. Emellett külföldi turistáknak plusz látnivalót kínálna e látványosság, mely növelné a Margit-Sziget látogatottságát, továbbá külföldi újságokba és weboldalakra kerülne fel a főváros, így reklámként is funkcionálna a város számára, mely vonzaná a turistákat.

A projekt megvalósításához az állami, vagy uniós pénzekben, esetleg a gyártó befektetésén kívül, pályázat formájában lehetne hozzájárulni. Manapság mindenhol nagy viszhangot kap a környezetszennyezés mentesen megtermelt villamosenergia és ezen törekvések támogatása mely nagyban növeli a pályázat sikerességét.

Összegzés

Napjainkban nagy kihívást jelent az egyre növekvő villamosenergia-szükségletünk fedezése, melyre alternatívát kell keressünk. Projektünk egy energiatermelő futópálya részleteinek a kidolgozására irányult. Ez az alternatív energiaforrás a Pavegen[©] energiatermelő járólapja. Megvalósítása a Margit-Szigeten valósulna meg. Az itt található futópálya futófelülete ~7500m². Minden járólap egy 500mm-es ekvilaterális háromszögből áll, amelynek a három csúcsában található illesztési pontnál 1-1 generátor helyezkedik el. A háromszögletű kialakítás segít maximalizálni a lépések által termelt energiát, mivel bárhova lépnek rajta, minden pillanatban 3 generátor termeli a villamos energiát.

Továbbá, színesebbé teszi a termék használatát a mobil eszközre letölthető alkalmazás, mely lehetőséget ad nyomon követni mennyi energiát termeltünk a lépéseinkkel, hol hány ember tartózkodik az adott időben. Az ismertetés utáni lépésben fel kellett mérnünk a futópálya energiaszükségletét, majd a járólapok energiatermelését. A Margit-szigeti futópálya LED izzókat tartalmazó fénytestekkel került felszerelésre 2011-ben, amely egy ~1500W összteljesítményű világítási rendszert jelent. Amennyiben ezt a rendszert az napnyugtától,

napkeltéig üzemeltetjük, ~17kWh energiát használunk fel. A járólapok, egy lépéssel átlagosan 5W energiát termelnek futó körülmények között, ezen adatok alapján egy átlagos futó, futásával 18kWh energiát képes megtermelni.

A továbbiakban három opciót vetettünk fel. Az első mikor minimum szükséges termelés elérésére méreteztük a futópályát, azaz 17-20kWh-ra. Ebben az esetben a szükséges burkolat 17m². Ennek a költsége 10.692.000 Ft. A második esetben egy nagyobb szakasz beépítése volt a cél melyhez a szükséges összeg 500 millió forint. Ezzel a megoldással 1416 m² felületet borítottunk volna le. Ez a mennyiségű járólap 1700 kWh energiát termelt naponta. Az utolsó esetben a futópálya egész felületét újítottuk volna fel, mely 9000 kWh összetermelést jelentett volna. A megvalósításához szükséges összeg 2,646 Mrd Ft.

Majd összegeztük az öt éven belül megtérülő költségeket, szén-dioxid megtakarításokat, mely adatok a táblázatokban láthatóak. Nagy kérdést vetett fel az energia eltárolása mivel a napközben megtermelt energiát estére kell eltárolni. Végül a LiFePO₄ akkumulátorfajta mellett döntöttünk. Ennek a paramétereit a fenti táblázatban olvashatjuk. Végül kitértünk a projekt emberekre gyakorolt hatására, melynek eredményeként azt vontuk le, hogy ezen technológia ösztönzi a népeiséget a sportos, egészségesebb életmódra, és képes lenne nemzetközi hírnevet szerezni Budapestnek, ezzel turisztikai, és tudományos fellendülést hozva.

Hivatkozások:

- [1]: <https://group.met.com/en/mind-the-fyouture/mindthefyouture/when-will-fossil-fuels-run-out>
- [2]: <https://www.pavegen.com/about>
- [3]: <https://patents.justia.com/patent/8736088>
- [4]: <https://budapest.hu/Lapok/Takarékos-módon-vált-teljessé-a-margitszigeti-futópálya-világ%C3%ADtása.aspx>
- [5]: <https://www.mvmnext.hu/aram/servlet/download?type=file&id=15559>
- [6]: <https://greendex.hu/igy-elozne-a-magyar-aramszektor-az-eu-t/>
- [7]: <https://nrgreport.com/cikk/2022/01/10/uj-eletre-kelhetnek-a-litium-akkumulatorok/>
- [8]: <https://lithiumhub.com/lifepo4-batteries-what-they-are-and-why-theyre-the-best/>
- [9]: <http://m.hu.starlightbatterie.com/news/comparison-of-lifepo4-and-li-ion-batteries-44050596.html>
- [10]: <https://enertech.hu/enertech-eloszerelt-transzformatorallomasok>
- [11]: https://enertech.hu/transzformatorallomasok-dokumentumok?gclid=Cj0KCOjwqoibBhDUARIsAH2OpWhi_cLi- uq751vVBba_cms95SdYGHqGQAifv6j3rKg40DGL5Vc7UD8aAs1qEALw_wcB

Bence Mész, Botond Détár, Márk Taraj, Ferenc Róbert Tompai, Teodor Sipos, Zsolt Madár: COCKTAILOR, automata koktéلكészítő gép

Óbudai Egyetem, Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar, Bécsi út 96. /b, Budapest, 1034, HU,
zsoltmadar2@gmail.com

Automata koktéلكészítő gép

A mi csapatunk egy automata otthoni koktéلكészítő gépet tervez meg ami különböző koktélok elkészítésére alkalmas. Az elmúlt évek során kialakult koronavírus járvány miatt az emberek rászorultak, hogy a kimozdulások helyett inkább otthon töltsenek időt az ismerőseikkel és így sajnos elvesztették azt az élvezetet hogy milyen volt egy minőségi koktélt inni a bárókban.

Ezért sokan otthon megpróbálták megcsinálni a koktélokot de nagyon időigényes és kényelmetlen volt. A mi tervünk célja, hogy megkönnyítse az emberek otthoni szórakozásának lehetőségeit. A koktéلكészítő gépben 45 gyorsan újratölthető belső hűtött tárolót terveztünk amiből a koktéلك összetevőt egy sínen futó szerkezet enged le.



1.ábra
A koktéلكészítő gép belseje [1]

A projekt munkát támogató oktatók:

Dr. Pálfi Judith

A projekt munka mentora és támogatója:

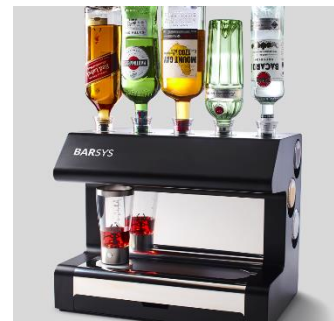
SZEKRÉNYI PÉTER-PEDRO
(AMTECH szoftverfejlesztő cég tulajdonosa)

1. Korábbi eredmények

Itt láthatnak pár példát a már piacon lévő automata koktélgépekre, robotcsaposokra.

1.1. Barsys 2.0

A piacon jelenleg kapható egyik legkompaktabb koktélkészítőgép, előnyei közé tartozik, hogy könnyen szállítható, emellett applikációval kezelhető és óránként 60-90 koktél elkészítésére képes. Hátránya, hogy méretéből adódóan összesen 8 féle italból dolgozik, így meglehetősen korlátozott számú különböző koktélt tud keverni.



2. ábra
Barsys 2.0+ [2]

1.2. Yanu

A robotcsaposok közül egy kisebb méretű, de korántsem elhanyagolható a Yanu, amely egy robotkarjával óránként akár 100 koktélt is képes megcsinálni. Okos kialakításának köszönhetően 45 üveg italt tud tárolni, így nagyon sok különböző ital elkészítésére képes. Mérete miatt a szállítása nem annyira egyszerű.



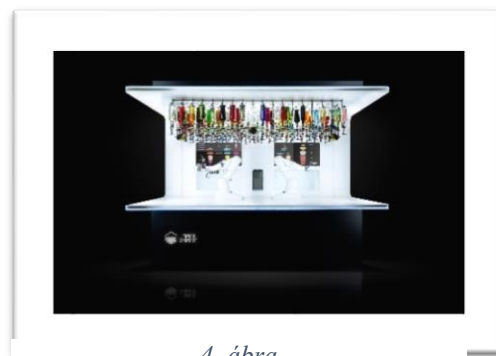
3. ábra
Yanu [3]

1.3. Makr Shkr

A legnagyobb robotcsapos a piacon, a Royal Caribbean International tengerjáró hajóin találkozhatunk vele, 3 különböző modellje van. [4] A szállításuk nagyon nehézkes. Mindegyikben megtalálható egy jéggép, valamint kijelzőkön követhetjük az italunk állapotát, kivilágított pontok vannak a kész koktélokak, a vendégek színek alapján tudják beazonosítani az italukat.

1.3.1. TONI

Az első rögzített robotcsapos, 158 különböző italt tud tárolni, a lehetőségek száma szinte végtelen, saját magunknak is rakhatunk össze koktélt az applikációval, azt is megcsinálja. Felszerelhető 2-2 sör-, illetve borcsappal, friss gyümölcselel



4. ábra
TONI [5]

díszíti az elkészült italokat. Óránként több, mint 80 koktél készítésére képes két karjával.

1.3.2. TONI COMPATTO

A TONI kisebb testvére, egy robotkarral üzemel, szintén 158 itallal. Valamivel lassabb, 50+ ital elkészítésére alkalmas óránként, de kárpótolja a lassulást azzal, hogy kávé is tud főzni.



5. ábra
TONI COMPATTO [6]

1.3.3. TONI VELOCE

A TONI újra gondolt italtárolóval felszerelt változata, 96 féle italt tárol, mind a hat csapból 16-ot tud engedni, így gyorsítva a folyamatokat. Óránként 240 koktél












6. ábra
TONI VELOCE [7]

elkészítésére képes két robotkarjával, a biztonság érdekében plexi fal választja el a karok mozgásterét a vendégektől.

2. A gép működését és vezérlését segítő elemek

- PLC vezérlés
- pumpált vezérlés
- LCD képernyő
 - érintéssel vezérelt
- Hűtött összetevők tárolása
- Rázó és keverő elemek
- Hálózati bemenet
- extra tárolók a dekoráló elemekhez.

2.1. A gép elemeinek, alkatrészeinek listája

Tétel:	Egységár:	Mennyiség	Ár össz.		
	Folyadék tartály 2,0l	5 199,00 Ft	40	207 960,00 Ft	https://www.kisgep.hu/delonghi-viztartaly-as13200250
	Folyadék tartály fedél	1 805,00 Ft	40	72 200,00 Ft	https://kavegebolt.hu/Viztartaly-fedel-DeLonghi-26/28
	Folyadék szint reed érzékelő	1 628,00 Ft	40	65 120,00 Ft	https://kavegebolt.hu/Reedkontakt-viztartalyhoz
	Élelmiszeripari szilikoncső 5*10 mm	500,00 Ft	20	10 000,00 Ft	https://www.szilikontermekek.hu/szilikon-csovek/elelmiszeripari-szilikon-cso
	Oetiker csőbilincs bilincs 9,5 mm	275,00 Ft	10	2 750,00 Ft	https://kavegebolt.hu/spd/5035467/Tomlobili-ncs-O-78-95-mm-OETIKER
	Rezgőszivattyú 15 bar 48W	6 900,00 Ft	1	6 900,00 Ft	https://www.cemegroup.com/solenoid-pump/e5-60
	Vízpumpa hőbiztosíték 120C	1 585,00 Ft	1	1 585,00 Ft	https://kavegebolt.hu/DELONGHI-hoerzekelo-szivattyuhoz
	Túlnyomás szelep 16 Bar	4 790,00 Ft	1	4 790,00 Ft	https://kavegebolt.hu/Tulnyomas-szabalyzo-szelep
	CEME Solenoid szelep élelmiszeripari	5 000,00 Ft	40	200 000,00 Ft	https://www.cemegroup.com/solenoid-valves/v792-206

	Áramlásmérő	3 179,00 Ft	1	3 179,00 Ft	https://kavegebolt.hu/spd/5213214671/Atfolyasmero
	Jégkocka készítő modul	44 000,00 Ft	1	44 000,00 Ft	http://alkatreszek.org/1965-i%C3%A9gkocka-k%C3%A9sz%C3%ADt%C5%91-egys%C3%A9g-bosch-h%C5%B1t%C5%91be.html
	Kifolyó	9 823,00 Ft	1	9 823,00 Ft	https://kavegebolt.hu/spd/64815/Kifolyo-Jura-75-X5
	PLC Schneider SR3B261B	170 239,00 Ft	1	170 239,00 Ft	https://elektrikstore.hu/Schneider-SR3B261B-26-I/O-reles-ora-24VAC
	Ház	280 000,00 Ft	1	280 000,00 Ft	
Készülék bekerülési ára összesen:				1 078 546,00 Ft	

7. ábra

A gép elemeinek, alkatrészeinek listája [8]

2.2. Alkatrészek leírása

A koktélgép rendeltetészerű működéséhez megfelelő minőségű alkatrészekre van szükség, amelyek növelik az eszköz megbízhatóságát és hatékonyságát.

A folyékony alapanyagok ideális felhasználása a megfelelő tárolással kezdődik. Ezen feladatot a folyadéktartályok látják el, melyek darabonként 2 dm³ (5,5*18*26 cm) űrtartalmúak és polietilén anyagúak. Ezekhez egyenként, összesen 40 darab fedél tartozik, amely az utántöltést teszi lehetővé. A tárolóban lévő folyadék szintjének ellenőrzéséért a benne elhelyezett, úgynevezett tartály folyadékszint reed érzékelők felelősek.

A hálózati táplálás jelen esetben elkerülhetetlen, mert ez a leggazdaságosabb módja koktélkészítőnk működtetéséhez.

A folyadék szállítását egy 18W teljesítményű vízpumpa segítségével oldjuk meg. Ahhoz, hogy ennek meghibásodását elkerüljük, hőbiztosítékot helyezünk a rendszerbe, amely megakadályozza a túlmelegedést. Az folyadék áramlását szolenoidok, másnéven mágneskapcsolók segítségével tudjuk megvalósítani. Ezek 24V Ac feszültségről működnek.

Az alkatrészek összekötéséért a szilikonszövek felelősek, melyeket roppantóbilincsek segítségével rögzítünk. További biztonságot szolgáló eszköz a túlnyomásszelep mely itt egy osztó szelep, ami kétutas. Az áramlásmérő segítségével visszacsatolást kapunk, mivel a Reynolds-szám az egész berendezésben azonos így ebből elegendő egy.

Szellőzés megoldása nem elsődleges, hiszen a gép hermetikusan lezárt, csak a tartályok utántöltése során érintkezik a környezettel. A gép belső hőmérséklete megegyezik a külső szobahőmérséklettel.

A tartályok között szerepel a víztartály és a koktélok, amiből adódik a lehetőség egy jégkocka készítésére, melyhez egy beépített jégkocka készítő gépre lesz szükségünk.

2.3. Folyadék tartály

A koktél összetevői 40 db, egyenként 2,0 liter kapacitású kerülnek tárolásra. A tartályok fedéllel, fogantyúval rendelkeznek, egyenként kihúzhatóak a gépből. Feltöltésük egyszerű.

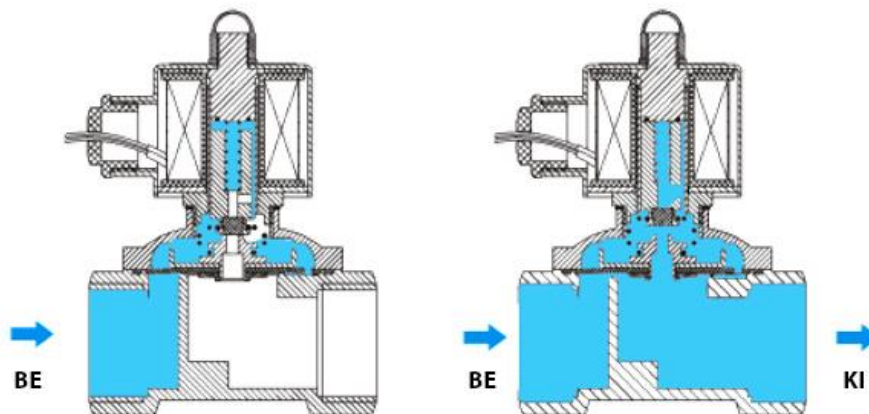
A tartályok rugós szeleppel rendelkeznek, melyek a tartály helyére csúsztatásakor a házba szerelt ellendarab nyitja.

2.4. Folyadékszint érzékelés

A tartályok mindegyike tartalmaz egy állandómágneses úszót, mely a folyadékszinttel együtt mozog. Amennyiben a folyadékszint lecsökken, a mágnes a Reed jelfogóban elektromágneses teret kelt, annak elektródái záródnak és jelet küld a vezérlőegység felé.

2.5. Solenoid szelep

A folyadéktartályok kimenetére Solenoid szelep kerül, mely a folyadék kiáramoltatásáért felel a megfelelő tartályból. A vezérlés egy triac-on keresztül 24 volt feszültséget kapcsol a Solenoid tekercsre.



8. ábra
Solenoid szelep [9]

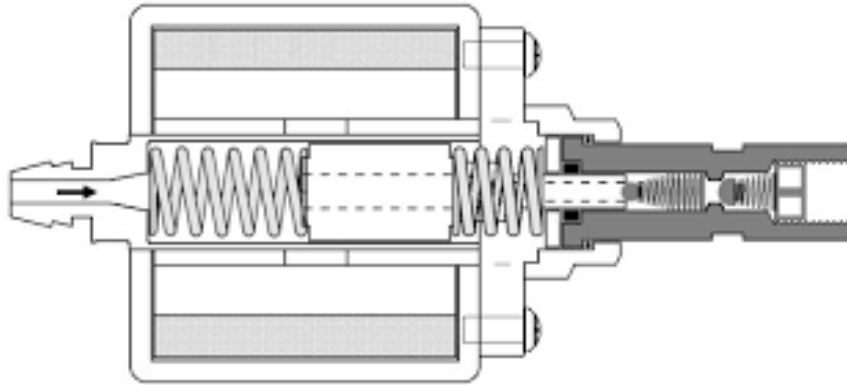
A tekercsben keltett elektromágneses mező behúzza a vasmagot így nyitva meg a folyadék útját.

2.6. Áramlásmérő

Az áramlásmérő turbináján két állandó mágnes van, mely a forgás során jelet ad a Reed jelfogónak. A vezérlőegység dolgozza fel a beérkező jelet, mely alapján kalkulálja ki az átfolyt folyadékmennyiséget.

2.7. Rezgőszivattyú

A rezgőszivattyú felel a folyadékok áramoltatásáért. A tekercsre a vezérlés 24V feszültséget kapcsol, a Solenoid tekercsben indukált elektromos tér behúzza rugóerő ellenében a vas dugattyút, így a folyadék beáramlik a Solenoid kamrába. A feszültség megszűntével a vasmagot a rugó alaphelyzetbe nyomja, a folyadék a kifolyó irányába kezd áramolni.



9. ábra
Rezgőszivattyú [10]

A dugattyú folyamatos előre-hátra mozgása biztosítja a folyadék áramoltatását. A visszaáramlást egy golyósszelep akadályozza meg.

2.8. Hőbiztosíték

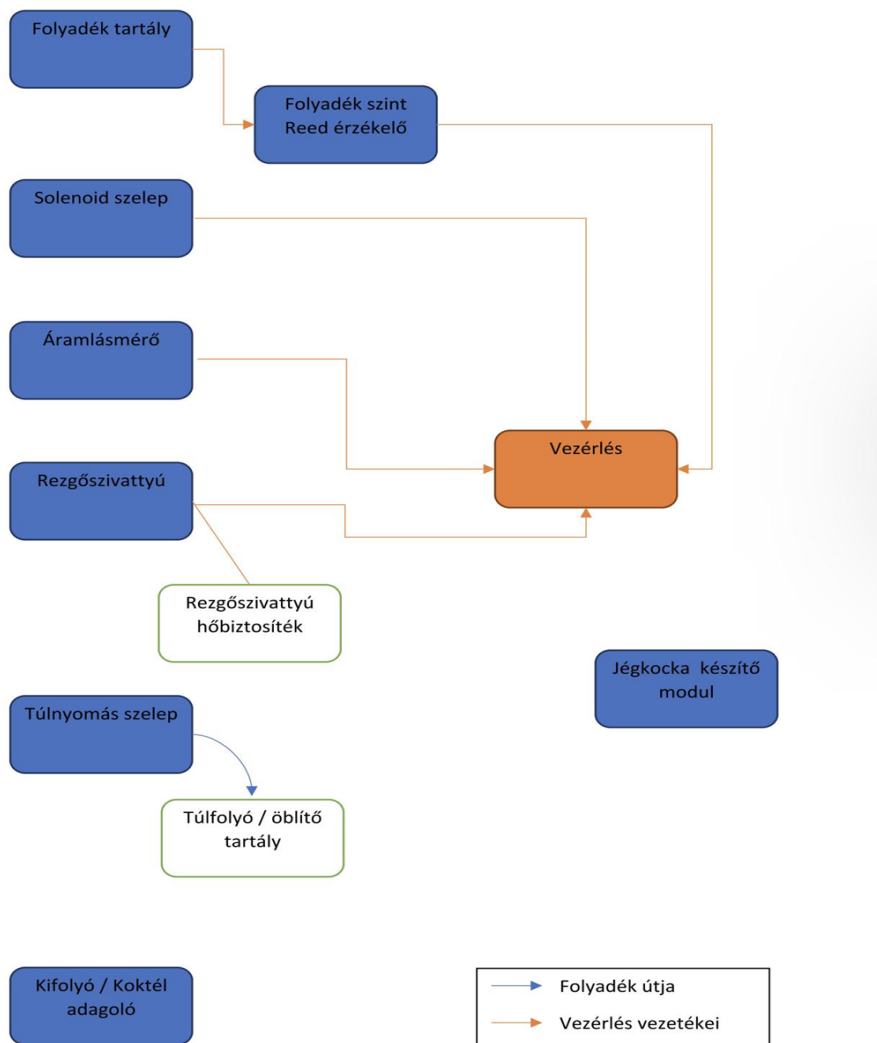
A hőbiztosíték a rezgőszivattyút védi a túlterheléstől. 120 C felett megszakítja a vízpumpa bepállását.

2.9. Túlnyomás szelep

A rezgőszivattyúra 16 bar-os biztonsági szelep csatlakozik, mely a névleges nyomás felett nyit és a túlnyomás az öblítő tartály irányába távozik.

2.10. Tűlfolyó tartály

Minden termék elkészülte után a folyadék rendszer átöblítésre kerül. Az így - és a túlnyomás szelepen keletkezett folyadék kerül ide.



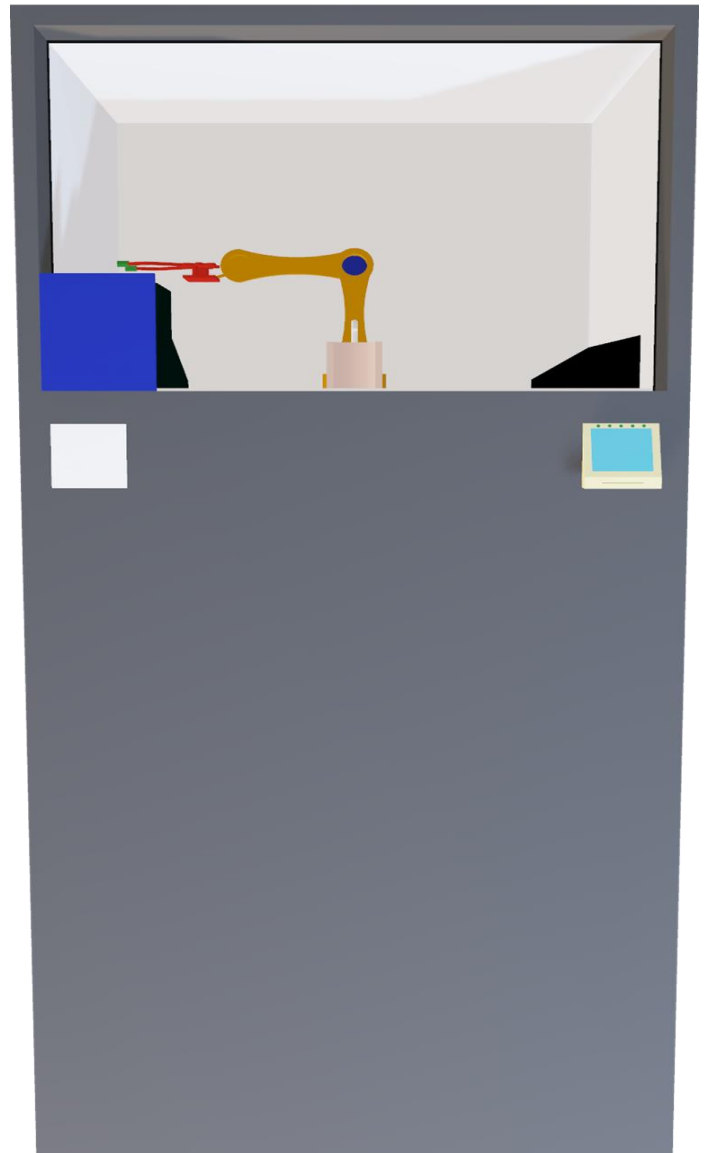
10. ábra
A gép működési folyamatábrája [11]

3. Összetevők, Kóktélok

kóktél készíthető el. Néhány a legelterjedtebbek közül: Long Island (vodka , rum , tequila , gin , triple sec), Bloody Mary (vodka , paradicsom , fűszerek, citromlé), Margarita (tequila , triple sec , citromlé), Pina Colada (fehér rum, ananászlé , kókusztej vagy tejszín, krém), Mojito (fehér rum, lime juice, barna cukor, friss mentalevél, habzóbor).

E néhány példából is látszik, az alkoholos italok közül a gin, a rum, a tequila, a triple sec és a vodka dukál, így ezen alapanyagoknak több tároló szükséges, mint a többi összetevőnek (például: citromlé, szirup, gyümölcslé, víz).

A koktélok tálalását a díszítés koronázza meg. Italunk tetejére koktélgépünk különböző adalékanyagokat szórhat: fűszereket, csokoládét; továbbá szélére gyümölcsdarabokat (citrom, koktélcseresznye) helyezhet.



321. ábra
A gép látványterve [12]

4. Problémák és potenciális megoldások

4.1. Honnan Tudjuk meg mennyi van egy adott folyadékból a tárolóban és mikor fogyott ki?

Mivel a Koktélgép egy okos LCD kijelzővel fog rendelkezni, néhány gombnyomással bármikor meg tudjuk nézni, hogy egy adott tároló hány százalékig van tele.

Továbbá a gép jelezni fogja egy üzenettel, a felhasználónak, amikor tárolóban lévő folyadék egy bizonyos szint alá esett (20%?). Illetve amikor már teljesen elfogyott ezt egy beépített szenzorral oldanánk meg, amely riaszt, amint az adott mennyiség alá csökken a folyadék szintje.

4.2. Hogyan segítsük elő, hogy egyszerű legyen a betöltés/újra töltés?

Véleményem szerint a legcélszerűbb megoldás, ha a gép hátuljára annyi nyílást helyezünk el, ahány tartály található a gépben. Ezekből egy cső vezet a tartályokhoz, ezáltal felettebb egyszerű és kényelmes lenne az újra töltés. Gondoljunk csak bele. Mennyivel könnyebb ez a megoldás, mint ha minden egyes újra töltéskor szétszerelést igényelne.

Azért, hogy a vásárló ne tévessze össze, és ne rossz helyre öntse az italt, minden adagolófedél fel kell, hogy legyen címkézve. Hiszen valljuk be, egyikünk sem szeretné, ha például a „Sex on the beach” nevezetű koktélba véletlen vodka helyett gin, vagy tequila kerülne.

4.3. Hogyan érjük el azt, hogy mindig frissek legyenek az alapanyagok?

Természetesen az italok be lesznek hűtve szobahőmérséklet alá ezzel is tovább megőrzik szavatosságukat a gyümölcslevek. Ha egy adott gyümölcsle vagy szirup már régebb óta benne van a tartályba (mondjuk 1 hétig?), akkor a kijelző ezt is megemlítené nekünk, majd egyből kiengedné annak a tárolónak a tartalmát, így előznénk meg azt, hogy romlott lé kerüljön a koktélba

Továbbá gép azt is jeleznél, hogy milyen időközönként kellene a tartályokban takarítást végezni.

4.4. Mi történik, ha valami elektronikai hiba keletkezett a rendszerben?

Hasonlóan a gépjárművekhez a koktél gépben is a hibaüzenetek egy kis logóval lennének kijelezve, természetesen a hibaüzenetek részletesen bele lennének írva a használati útmutatóba így tudnánk, hogy az adott hiba milyen súlyosságú.

A vásárlás napjától számítva a termékre 5 év teljeskörű garancia lenne

4.5. Mi történik, ha valaki megpróbálja ellopni a készüléket?

A gép beriasztana amikor arrébb próbálják mozgatni, illetve lenne beépítve egy nyomkövető, amellyel könnyen meg lehetne találni abban az esetben, ha véletlenül ellopnák.

5. Piaci szegmens

Hiánypótló készülék, konkurenciáról nincs tudomásunk. Konferenciákra, céges rendezvényekre kihelyezhető. Strandok, plázák területén a teljes szezonban jelen lehet. Lévén, hogy nem kizárólag alkoholos italok készítésére alkalmas, gyakorlatilag bármely korosztály lehet potenciális felhasználója. A kihelyezés ingyenes, nincsen a megrendelést terhelő költsége, a készülék minimális helyet foglal.

5.1. Bekerülési ár, megtérülés

A készülék prototípusának bekerülési ára bruttó 1 078 546 Ft. Az alkatrész listában szereplő árak kiskereskedelmi árak. Fenti összeg a sorozatgyártás okán 20% -al kedvezőbb is lehet.

Példa a megtérülésre: Strand

1 koktél eladási ára: 1790 Ft

Haszonkulcs 100%

Napi eladás: 50 db

A kihelyezett üzemeltetés 23. napján gyakorlatilag megtérül a készülék teljes ára.

Források

[1] Saját szerkesztés

[2] Barsys <https://thebarsys.com/products/barsys-2-0> 2022.10.26

[3] Yanu <https://yanu.ai/> 2022.10.26

[4] Royal Caribbean International <https://www.royalcaribbean.com/> 2022.10.26

[5] Makr Shagr TONI <https://www.makrshagr.com/lineup/#/toni> 2022.10.26

[6] Makr Shagr TONI COMPATTO <https://www.makrshagr.com/lineup/#/toni-compatto> 2022.10.26

[7] Makr Shagr TONI VELOCE <https://www.makrshagr.com/lineup/#/toni-veloce> 2022.10.26

[8] Saját szerkesztés

[9] Szolenoid szelep https://www.stcvalve.com/Solenoid_Valve_Specifications-2P160-250.htm 2022.10.19

[10] Rezgőszivattyú <https://www.home-barista.com/espresso-machines/unreliable-ulka-pumps-t26117-10.html> 2022.10.23

[11] Saját szerkesztés

[12] Saját szerkesztés

Debreczeni Kata, Hutvágner Botond, Csepke Bence, Melegh Bence, Illés Dániel, Fodor Rudolf, dr. Pálfi Judith: Energiamegtakarítás otthonról

Óbudai Egyetem, Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar

Hungary, hutvagnerbotond@gmail.com

Absztrakt: Az utóbbi egy évben az egyre elszabaduló energiaárak[1] miatt minden háztartásban fontossá vált az energiával történő gazdálkodás. Projektünkben egy olyan okosotthon tervezésén kívánunk dolgozni, amely korszerű eszközök segítségével próbálja csökkenteni a háztartások energiafogyasztását. Az otthonok villany és gázfogyasztása jelentősen csökkenthető, ha manuális vezérlés helyett automatizáljuk a világítást, illetve a fűtőberendezéseket. Különböző érzékelők segítségével elérhetjük, hogy szobánk világítása ne maradjon felkapcsolva, miután elhagyjuk a szobát. Elektromos ablak-vezérléssel a külső hőmérséklet függvényében szellőztethetünk. Mindezt egy saját tervezésű, telefonról vezérelhető egységgel fogjuk megvalósítani.

Kulcsszavak: Okosotthon; Energiamegtakarítás; Smart Home

1. Bevezetés

Az elmúlt évtizedekben soha nem látott, robbanásszerű technológiai fejlődésnek lehettünk szemtanúi, a forradalmi megoldások pedig életünk minden területén utat törtek maguknak – nem képez kivételt ez alól lakóépületeink tervezése és kialakítása sem. Az otthonautomatizálás koncepciója az 1900-as évek hajnalán jelent meg először, amikor a gazdagabb társadalmi rétegekhez tartozók körében egyre inkább elterjedt az elektromosság otthonaikba való integrálása. 1910-ben Thomas Edison szabadalmaztatta az otthonok automatizált, színes világítását. Természetesen, amire ma okosotthon technológiaként gondolunk, az később, az 1990-es, 2000-es években jelent meg.

2. Az okosotthonokról általában

2.1. Okosotthonok haszna, általános adatok

Mi is az, amire ma gondolunk? Nehéz egyetlen átfogó és pontos definícióval válaszolni arra a kérdésre, hogy mi az az okosotthon rendszer. Számptalan meghatározás született az évek során, ezek alapján egy okosotthon legfontosabb jellemzői a következők:

- elektronikus eszközei automatizáltak, számítógépes összeköttetés által rendszert alkotnak
- az eszközök működése távolról irányítható és monitorozható
- a berendezések környezetükkel kapcsolatban állnak, megadott állapotokat és behatásokat érzékelnek, azokra reagálnak [2]

Ma még közel sincsenek többségben az intelligens otthonok a hagyományos otthonokkal szemben, hiszen két évvel ezelőtt globálisan mindössze 9%-ra, hazánkban pedig 4%-ra volt tehető az okos megoldásokat használó háztartások aránya, nem szabad elfelejtenünk azonban,



33. ábra:

Otthonunk vezérlése okoseszköz segítségével

hogy egy dinamikusan fejlődő iparágról van szó. Becslések szerint 2024-re akár 10 százalékponttal is megugorhat az intelligens otthonok aránya világszerte.

Nem alaptalan az optimizmus és az okosotthon-technológiákat övező egyre nagyobb figyelem, ugyanis rengeteg potenciál rejlik az intelligens otthonokban. Vegyünk néhány példát arra, hogy milyen problémáinkra jelenthetnek megoldást a megfelelő technológia megtalálásával és alkalmazásával okosotthonaink a jövőben.

Természetesen hajlamos az ember először a saját kényelmére gondolni, így ezen szempont számításba vétele nem is áll messze az okosotthon megoldásokat tervező-fejlesztő cégektől. Pusztán az, hogy távolról, akár az otthonukat elhagyva is irányíthatjuk az okostelefonunkról egyes berendezéseinket növeli a komfortérzetünket. Több cég is kísérletezett már továbbá olyan, mesterséges intelligenciát is használó rendszerek kidolgozásával, amelyek adatokat gyűjtenek az ott lakókról, ezáltal a lakás képes „alkalmazkodni” lakói életviteléhez, akár hangulatához is.

Okosotthonunk egészségügyi ellátásunkban is segítséget nyújthat. Az idős embereknek sokszor gondot jelent, hogy egyedül ellássák magukat. Emellett a WHO adatai szerint kb. 650 millió ember él világszerte valamilyen fogyatékossgal [3].

Ezeknek a csoportoknak hatalmas segítséget jelentene, ha okosotthonuk folyamatosan nyomon követné egészségügyi állapotukat, probléma esetén pedig reagálni tudna (például hozzátartozók vagy a megfelelő szervek értesítésével), illetve kiegészítő lehetőségekkel, például érzékszervi hiányosságokat kompenzáló, vagy a lakáson belüli közlekedést megkönnyítő technológiákkal segítené őket.

Nem utolsó szempont a biztonság sem. Egy szenzorokkal felszerelt okosotthon jelentősen csökkenthetné a betörések számát, vagy a lakáson belüli tűz kialakulásának valószínűségét.

Ami pedig projektünk fókuszában áll, az az energiatakarékosság. Okosotthon megoldásokkal képesek vagyunk a minden eddiginél hatékonyabb energiamedzsmentre. Ha otthonunk képes magától szabályozni, és minden pillanatban optimalizálni a fűtés-és világításrendszer működését, az egyrészt nem kevés pénzt hagyhat a zsebünkben, másrészt egyéb korszerű technológiákkal, például napelemmel vagy napkollektorral ötvözve visszaszoríthatja a fosszilis energiahordozók felhasználását.

Fontos megemlíteni, hogy az előnyökön túl természetesen hátrányai, veszélyei is lehetnek az okosotthon rendszereknek.

Rank	Frequency	by interview	Topic
1	25	80.65%	Privacy, security and hacking
1	25	80.65%	Technical reliability, warranties, and obsolescence
2	24	77.42%	Usability, user acceptance and learning
3	23	74.19%	Elitism, incumbency, barriers to market, and erosion of democracy
4	20	64.52%	Uncertainty, lack of sharing, and difficulty monetizing benefits
5	15	48.39%	Interoperability and resilience
6	14	45.16%	Energy rebounds and wasteful consumption
7	9	29.03%	Loss of personal control and autonomy
8	8	25.81%	Resource intensity, materiality, and sustainability
9	7	22.58%	Lack of home ownership
10	6	19.35%	Cultural differences to global diffusion
10	6	19.35%	Poor connectivity, lack of standardization, and supply chains
10	6	19.35%	Corporate longevity, accountability, and consumer choice
11	5	16.13%	High cost
11	5	16.13%	Fear of new technology
12	2	6.45%	Social isolation and loneliness
13	1	3.23%	Health

1. táblázat:
Okosotthon technológiák esetleges veszélyei és korlátjai

2.2. Okosotthonok felépítése, megvalósítása

Az okosotthonok felépítése három fő részre osztható. Az első egység a bemenetek. Ezek lehetnek különböző érzékelők, amelyek folyamatosan figyelik a környezetet: hőmérséklet, fényerősség, CO szint stb.

Figyelhetnek más, nem környezeti tevékenységet: ajtó/ablak nyitása, fogyasztásmérő, mozgásérzékelő. Ezen kívül a bemenet lehet ember által vezérelt: Szobák világításának manuális kapcsolása, szobahőmérséklet egyéni beállítása, redőnyök napközbeni leeresztése stb.

A második egység a feldolgozó egység. A bemeneti jelek és az előre (a felhasználó által) beállított értékek szerint szabályozza az okosotthon rendszert. Tanulja a háztartás szokásait, végrehajtja az automatizálásokat.

A harmadik egység a kimenetek. Ezek azoknak az eszközöknek az összessége, amelyek a feldolgozó egység kimenete alapján végrehajtják a megadott parancsokat.

Ezek a kimenetek lehetnek:

- kapcsolók (lámpák fel-le kapcsolása)
- redőnyök automatikus mozgatása
- fűtés kapcsolása
- egyéb automatizált dolgok (locsolás, szellőztetés)

3. Energiamenedzsment okosotthonok segítségével

3.1. Lakóház fűtése „okosan”

Jelenleg is rengetegen fűtenek Magyarországon fával és fosszilis energiahordozóval, aminek az egyik legnagyobb hátránya a környezetszennyezés (szmog, égéstermékek nem megfelelő tárolása, megsemmisítése), extrém esetben háztartási hulladékkal. “A háztartási hulladék otthoni elégetése miatt a fűtési szezon kezdetétől óriási mértékben romlik hazánkban a levegő minősége. Sokan még azzal sincsenek tisztában, hogy illegális, ha tejesdobozok vagy PET-palackok elégetésével spórolnak a fűtésszámlán.” [4]

Szabad szemmel is észrevehető, amint elkezdődik a fűtési szezon, a látótávolság jelentősen csökken, ez köszönhető a vizes, nem megfelelő minőségű tűzifának (ragasztóval átitatott, festett bútorlapok, olajjal kezelt hulladékfa), háztartási hulladéknak (PET palackok, tejes dobozok, zacskók) amiknek a fűtőértéke csekély, ráadásul nem megfelelő szigeteléssel van szerelve a ház esetek többségével.

Ezért is érdemes korszerűsíteni a lakásokat:

- megfelelő szigeteléssel
- modernebb, jobb hatásfokú fűtésrendszerrel
- hatékony szellőztetéssel
- ezeket mind megfelelő vezérléssel

1. Gáz fűtés

Nagy hátránya az energiahordozó árának ingadozása (változó, néha kiugró rezsizsámla) Jelenleg a kormány 1729 m³/év fogyasztásig hatósági árat biztosít a gázra, aki ez a fogyasztás alatt van az 102 Ft-ot fizet köbméteréért, aki az éves limit felett van, annak 747 Ft-ot kell fizetnie köbméterenként. [5]

Nem megfelelő karbantartással a gázkazánok, konvektorok veszélyesek lehetnek, gázszivárgás előfordulhat, aminek súlyos következményei lehetnek.

Jelenleg a legelterjedtebb gáz alapú fűtésrendszerek a:

- gázkazán (ami a melegvizet is előállítja) +központi (radiátoros) fűtés
- gázkonvektor + villanybojler

2. Villany fűtés

Két megoldás létezik, vásárolt villamos energia, vagy megtermelt.

Vásárolt tulajdonságai:

- Itt is számottevő az ára, de kevésbé drasztikus mint a gáznak, itt a kormány 2523kWh/évet határozott meg, alatta marad a 36Ft/kWh-s ár, a limit felett 70,1Ft/kWh [6]
- Villanyszünet esetén fűtés nem lehetséges.

Megtermelt tulajdonságai:

- A rendszert ki kell építeni, akkumulátor parkot létesíteni (komoly összege van).
- Villanyszünet esetén sem maradunk villamosság nélkül, “függetlenek” is lehetünk a hálózattól.
- Több a lehetőség ennél a fűtési megoldásnál, hűtő fűtő klímák, hőszivattyú, villanykazán, villanybojler.

Itt a karbantartás szintén nagyon fontos, főleg a tűzveszély kialakulása miatt.

Jelenleg a legelterjedtebb villany alapú fűtésrendszerek a:

- villanykazán (ami a melegvizet is előállítja) +központi (radiátoros) fűtés/padlófűtés (fűtőfilm)
- Hőszivattyú
- Fűtő/hűtő klíma

Okos fűtésre megoldásnak azt találtam, hogy napelemmel/szélerőművel megtermelt villamos energiát eltárolni akkumulátor parkba, amit bármikor felhasználhatunk, jó hatásfokú, alacsony fogyasztású fűtőtestek valósítanak meg a fűtést, ami lehet hőszivattyú, hűtő fűtő klímák, padlófűtés (hagyományos vizes vagy fűtőfilmes). Ezeket összekapcsolni egy termosztáttal, amivel minden helységet külön lehetne szabályozni, otthon központi egységgel és telefonról, így távolról is lehetne beállítani a kívánt hőfokot mire hazaér a tulajdonos. Rendszeres automata szellőztetés a friss levegő érdekében megfelelő időközökben. Megfelelő szigetelés kiépítése (aljzat, fal szigetelés).

Ennek a rendszernek van egy nagy bekerülési költsége (rendszer telepítés, akkumulátorok vásárlása), de utána nagyon kedvező havi díja lenne, ami évek alatt visszahozza az árát, utána meg “költségmentesen lehet fűteni a lakást” (természetesen rendszeres karbantartásoknak van összege, az elhasználódás is jelentős 5-10 év távlatában). Ezek mellett környezetkímélőbb, mint a fosszilis energiával való tüzelés (fenntarthatóság), és a kényelem is jelentős (nem kell fát pakolni például).

3.2. Világítási megoldások

3.2.1. A világítás története

Fáklya, gyertyák és lámpások kenderkanóccal

Minden idők legősibb világítóeszköze, amelyet már az ősember is használt, a fáklya volt, amelynek hátrányai (a tűzveszélyesség és a fölösleges melegítőhatás) ellenére olyan hosszú ideig állt az emberiség szolgálatában, hogy a szegényebb rétegek körében még a középkorban is használatos volt. Hátrányai szükségessé tették a világítóeszközök következő generációja, a kanóc elven működő eszközök megjelenését. E világítótestek esetében az égő rész a kanóc, amely valamilyen textíliából (kenderből, gyapjúból vagy lenből) szőtt, vagy sodort anyag, amit egy folyadékba lógattak (mécset), vagy szilárd közegbe ágyaztak (gyertya).

A petróleumlámpa, aminek szebb a lángja

A fejlődés következő állomása a petróleumlámpa kifejlesztése volt, ami lényegében a mécses továbbfejlesztett változata annyi különbséggel, hogy üvegburával látták el és az olajat petróleumra cserélték benne, mivel akkoriban már a petróleum nagy mennyiségben állt rendelkezésre és olcsón beszerezhető volt. E lámpák előnye volt, hogy erősebb és fehérebb fényel rendelkeztek elődeiknél, hátrányuk viszont, hogy erősen füstöltek.

Gázlámpák és villámfény

Az 1900-as évek során megjelent olcsó metán tartalmú gázoknak köszönhetően a világ nagyvárosainak utcáin a petróleumlámpák mellett megjelentek a gázlámpák is, ami ugyan nagy előrelépés volt, de mivel számos hátránnyal rendelkeztek, ezért nem arattak mindenki körében osztatlan sikert.

A gázlámpák amellett, hogy az utcai világításhoz nem rendelkeztek elegendő fényerővel, a petróleumhoz hasonlóan üzemeltetésük még drágább is volt, mint a villanyfény.

A bambuszrost-izzószál az üzleti siker kulcsa

A villanyvilágítás elterjedésének fontos sarokpontja a villanykörte feltalálása volt, amit jellemzően Thomas Edison nevéhez kötnek, annak ellenére, hogy a tudománytörténészek szerint nem ő volt az első, aki feltalálta azt. Őt megelőzően összesen 22 különböző feltaláló tervezett már villanyégőt, volt, aki már 70-évvvel Edison előtt. Csakhogy amíg mások találmánya a tömeggyártáshoz túlságosan költségesnek bizonyult, Edisonnak, aki néhány versenytársa szabadalmát is megvette, hogy tovább fejlessze azt, sikerült olcsó izzószálat találnia, nevezetesen elszenesedett bambuszrostot használt izzószálnak.

Egy másik probléma, amit Edison oldott meg, az volt, hogy levegő hatására magas hőmérsékleten az izzószál gyorsan elégett, ezért vákuumot hozott létre a villanykörteben, így megnövelte annak élettartamát. Végül az egyik legfontosabb műszaki újítása a foglalat volt, ami lehetővé tette az izzó cseréjét.

Az izzólámpa fejlődése és a neves magyar kutató, Bródy Imre fejlesztése

Az 1930-as években Bródy Imre az Egyesült Izzó (később Tungsram) vállalat laborjában végzett kutatásai során felfedezte, hogy az izzószál párolgásának csökkentésére a nagy atomsúlyú nemesgázok, a hőveszteség csökkentésére pedig a nitrogén a legalkalmasabb. Bródy kutatásai alapján 1936-ban az Egyesült Izzó vállalat a világon először gyártott kripton-gáz (majd kripton-nitrogén gázkeverékű) izzólámpákat, amelyek már akár 1000 órán át is működőképesek voltak.

3.2.2. Milyen a jó világítás?

Mivel az otthon eltöltött idő jelentős hányadában kénytelenek vagyunk mesterséges világítást igénybe venni, nem közömbös, hogy mivel és hogyan világítunk. Egy lakás villamosenergia-költségének 15-30%-át a világítás teszi ki. Mindenképpen célszerű tehát a világítás kialakításánál ésszerű, gazdaságos megoldásra törekedni.

A jó világításnak sok követelményt kell kielégítenie. Az ember akkor érzi jól magát mesterséges világítás mellett is, ha az hasonló a természeteshez. A fényforrások és helyük megválasztásánál arra kell tehát törekedni, hogy ezek a szempontok is kellően érvényesüljenek.

A jó lakásvilágítás követelményei:

- megfelelő megvilágítás elérése,
- káprázatmentesség,
- helyes fényirányítás és jó árnyékhatás,

- térbeli és időbeli egyenletesség,
- megfelelő színhatás,
- esztétikai követelmények,
- gazdaságosság.

A világítástechnika jövője: a LED

A LED a félvezető dióda elektromos töltésű részecskéinek áramlására épülő fényforrás, amely forradalmasíthatja a világítástechnikát. Ezt a tulajdonságát korábban is ismerték, de nem tudtak megfelelő fényerőt kinyerni belőle. Mára azonban lehetővé vált a LED-ek (Light Emitting Diode, azaz fénykibocsátó dióda) fényerősségének jelentős javítása, és az utóbbi években egyre inkább terjednek ezek a fényforrások.

Ugyanolyan teljesítmény és takarékos energiafelhasználás mellett méretében sokkal kisebb, mint bármelyik más, ma ismert fényforrás, ezért ez várhatóan teljesen átalakítja a világítással kapcsolatos belsőépítészeti és lakberendezési gondolkodásunkat. Négy-öt színfényben állítják elő. Jelenleg egyetlen hátránya, hogy az áramingadozással szembeni tűrőképessége gyenge, ezért csak áramkiegyenlítő trafóval működtethető, amely egyszerre - teljesítményétől függően - 8-10 lámpa világítását is biztosítja. Alkalmazása elsősorban olyan helyeken javasolt, ahol naponta több órán át kell folyamatos megvilágítást biztosítani.

Spórolási lehetőségek

A fényforrás élettartamának hatékony hasznosítása

Itt főleg a tipikus égve felejtésre gondolunk. A világítások kapcsolgatásának rosszul berögződött szokásait nehéz elhagyni, mert sokszor hangulatfüggő a figyelmünk. Minden fényforrás rendelkezik gyárilag megadott üzemórával, ami például a LED-lámpáknál elég magas érték, de az égve felejtés feleslegesen növeli ezt a „számlálót”, ami azt jelenti, hogy a LED-lámpa árában megfizetett hosszabb élettartamot nem a rendeltetésnek megfelelően használjuk ki.

A megoldást a hétköznapiakat nem zavaró automatizmusok, praktikus működések, időzítések, jelenlét érzékelések beépítése jelentheti – ezt nyújtja többek között például az intelligens ház is. Persze az egyszerű égve felejtés akár egy időrelével is megoldható, ilyen például a szakember által gyorsan telepíthető SMR-T típus).

A fényforrás fényerősségének szabályozása

A fényerőszabályzás szintén pénztárcakímélő megoldás. Visszahat az előző pontban említett üzemidőre, ugyanis az üzemórát teljes fényre adják meg. Ha a fényforrást szabályozni lehet, és például tévénézéshez elég, ha 20 százalékon üzemel, akkor belátható, hogy kíméletesebben üzemeltetjük, mintha 100 százalékon világítana, tehát így növelhető az üzemeltetési idő (nem az üzemidő!).

Sajnos ez a növekedés nem arányos, de nem is elhanyagolható, hiszen elképzelhető, hogy az egyébként például 3 évig üzemelő fényforrás, akár több hónappal is tovább világíthat a szabályzásnak köszönhetően. Nem utolsó szempont, hogy a szabályzással kevesebb áram is

fogy – persze csak, ha használjuk is a szabályzót, és nem állandóan 100 százalékon fénylenek a lámpák.

4. Okosotthon-rendszer vezérlése

4.1. Szoftveres megoldás

Az okosotthonok telepítése során szükségessé vált, több különböző feladatot ellátó modul közös platformon való kezelése. Ilyen feladatokra pedig egyedi szoftverre van szükség mely képes egyidőben az össze modullal kommunikálni és irányítani őket.

Sok esetben létezik a gyártó által mellékelte kezelőszoftver mellyel könnyedén, akár pár kattintással beállíthatjuk az újonnan üzembe helyezett modult (pl.: Xiaomi Smart Home). Az ilyen rendszerek viszont olyan hátrányokat hordoznak magukkal, hogy csakis egy adott gyártó termékeivel kompatibilisek és más gyártó modulja nem irányítható velük.

Léteznek azonban gyártófüggetlen fejlesztések is, ahol a multifunkcionalitás volt a hangsúlyos és egy szoftverrel akár több, különböző eredetű modult tudunk irányítani (pl.: Home Assistant). Az ilyen nyílt forráskódú, ingyenesen hozzáférhető rendszerek használatba vétele vagy modulok becsatolása kicsit nehezebb és kisebb szaktudást igényel. A személyre szabása és továbbfejlesztése viszont nincs beskatulyázva a gyártó által implementált funkciókkal, mivel a felhasználó is szabadon fejlesztheti és funkciókat adhat hozzá a rendszerhez.

4.1.1. Nyílt forráskódú szoftverek személyre szabása

A Home Assistant rendszer egyik nagy előnye, hogy az előre meghatározott funkciók mellett lehetőséget ad a rendszer scriptelhetőségére, beállíthatunk saját eseményeket, melyek hatására előre definiálhatjuk, hogy milyen reakciót várunk el a házunktól.

Beállíthatjuk modulok ráhatását a többi modulra, például, ha a garázskapu felnyílik akkor a garázs világítás is kapcsoljon fel, ha okos termosztátot használunk, akkor annak is megadhatjuk, hogy ébredés előtt mennyi idővel kezdje el felfűteni a lakást egy bizonyos hőmérsékletre vagy akár egy bizonyos pont után, sötétedéskor automatikusan lehúzza a redőnyöket.

A legtöbb szoftver már képes nyomon követni azt is, hogy a lakók éppen otthon vannak-e akár a mobiltelefonjuk GPS-e által vagy egy gombbal az applikációban melyet a felhasználó megnyomhat amikor elhagyja az otthonát. Ilyen esetekben az okosotthon jelentős szerepet tud vállalni az energiamegtakarításban mivel az elfelejtett villanyokat le tudja kapcsolni, ha szükséges csökkenti a fűtést vagy akár egy úgy felejtett vízcsapot is el tud zárni.

A mellékelt példaautasítások használatával akár azt is megadhatjuk a rendszernek, hogy ha üres lakást érzékel akkor a robotporszívót elindítja a nappaliban, így a lakókat nem zavarja a zúgása, viszont mégis tiszta lakásba érnek haza.

A lakás biztonságában is segíthet a rendszer, lehetőség van arra, hogy egy üres lakást úgy szimuláljon, hogy éppen van otthon valaki. Előre beprogramozható a lámpák felkapcsolása, a redőny lehúzása/felhúzása vagy zene kapcsolása, mintha éppen tartózkodna otthon valaki. Kis időráfordítással a rendszer beprogramozható lehet arra is, hogy az otthon töltött idő történéseit felhasználva, ugyanazt a modellt kövesse, mint amikor valójában otthon vagyunk.

```
script:
- if:
  - alias: "If no one is home"
    condition: state
    entity_id: zone.home
    state: 0
  then:
  - alias: "Then start cleaning already!"
    service: vacuum.start
    target:
      area_id: living_room
```

Script példa

Forrás: <https://www.home-assistant.io/docs/scripts/>

4.1.2 A Rendszer biztonsága és hozzáférhetősége

Fontos azt is belátni, hogy minél okosabbá tesszük az otthonunk, annál jobban tesszük ki magunk annak a veszélyének, hogy illetéktelen személyek is átveheti a lakás irányítását. Ilyen illetéktelen személyek akár kártékony módon hozzáférhetnek a személyes adatainkhoz és a magánszféránkhoz vagy akár maradandó kárt is okozhatnak a lakásunkban, ha például hozzáférést szereznek a sütő irányításához, ami tűzveszélyes lehet vagy a vízrendszerhez és huzamosabb időre elárasztják a lakást vízzel amíg alszunk vagy nem vagyunk otthon.

Minél ismertebb és nagyobb egy cég, annál jobban kerülhetnek a hackerek célkeresztjébe, viszont ezzel egyenesen arányosan a cégek is nagy hangsúlyt fektetnek a cybersecurity-re, hogy folyamatosan biztonságosan tartsák az általuk fejlesztett rendszert, mivel az esetleges sérülékenységek hatalmas presztízsveszítéssel járhatnak és ami még súlyosabb, emberi életre is veszélyesek lehetnek. Fontos kiemelni, hogy nem elég a cégek folyamatos fejlesztése, a felhasználónak is nagy szerepe van azzal, hogy a rendszert naprakészen tartsa és mindig frissítse a szoftvert a leújabb verzióra, mivel egy elavult verzió akár több, széles körben ismert sérülékenységet rejthet.

Az otthon összeállított rendszerek kisebb figyelmet kaphatnak a kártékony emberek részéről, viszont érdemes mindig felkészülni a legrosszabbra. A távoli elérés kárára, viszont a biztonság előnyére megtehetjük, hogy a rendszert csakis belső hálózatról tudjuk elérni. Így például csak akkor férünk hozzá a lakás irányításához, ha csatlakozva vagyunk az otthoni WiFi hálózatra. Amire akár egy, az utcán parkoló autóból is csatlakozni tudnak, viszont nekünk is lehetőségünk a csatlakozott készülékek monitorázására és az ismeretlenek letiltására vagy megtehetjük, hogy a hálózatra csakis előre meghatározott MAC címmel rendelkező készülékeket engedünk fel.

4.2. Hardverek

Az okosotthon kiegészítő eszközök és szerelvények működéséhez nélkülözhetetlen egy központi vezérlő egység megléte és alkalmazása, ami kapcsolatban áll az épület/épületrész villamos rendszerével, illetve annak elosztószekrényével. A központi vezérlő használatára többféleképpen is lehetőség van, mint például egy/több előre telepített, oldalfai kezelőegység segítségével, vagy mobiltelefonos applikáció segítségével, akár távoli hozzáféréssel. Mindkét megoldás szimultán használata is megoldható, természetesen gyártó és típusfüggő a megvalósíthatóság. A központ legtöbb esetben WiFi-n keresztül kommunikál a rendszer egységeivel.

4.2.1. Hardverek alkalmazása, rendszerek irányítása

A világítási és dugaszolóaljzat rendszereken kívül számos további rendszert tehetünk vezérelhetővé. A behatolásjelző, vagy vagyonvédelmi eszközök vezérlésén keresztül, a gépészeti nagyfogyasztók, mint például háztartási melegvíz tároló, a fűtési, a szellőzési gépeken át a motoros garázkapu, kertkapu, vagy az elektromos zsaluzia is irányítható a megfelelő kiegészítő hardverek segítségével.

Az épületek, házak, vagy lakások különböző rendszereinek irányításához különböző egységeket szükséges allokálni az okosotthon struktúráján belül.



A háztartásban előforduló elektromos berendezések integrálása az intelligens otthon rendszerbe [1]

4.2.2. Kiépítési módszerek

Alapvetően háromféle okosotthon típust különböztetünk meg kiépítés szempontból. Az épületvillamossági rendszerbe teljes mértékben integrált kiegészítő eszközökkel megvalósított típust, az erősáramú rendszert részlegesen kiegészítő okosotthon rendszert, illetve a hagyományos épületvillamossági rendszertől független, külső berendezések által létrehozott típust. Az intelligens eszközök megtáplálásához az erősáramú szerelvényekhez húzott vezetékek alkalmasak. A berendezések kapcsolatban állnak a mechanikus szerelvényekkel, azok helyi vezérlését végzik távoli parancs jel függvényében.

4.2.2.1. Az épületvillamossági rendszerbe teljes mértékben integrált kiegészítő eszközökkel megvalósított okosotthon

Ezt a típust új erősáramú rendszer kiépítésekor, vagy a meglévő kiépítés teljeskörű felújításakor érdemes alkalmazni. A szerelvények alapszerelésénél a legtöbb megoldás esetében szükség van mélyített szerelvénydoboz alkalmazására, ami a kiegészítő egységek elhelyezését teszi lehetővé a mechanikus berendezések mellett. Mindezek ellenére a kapcsolók és szerelvények hagyományos módon történő működésre, kapcsolhatóságra is alkalmasak maradnak igény esetén.

A legtöbb megoldás esetében az erősáramú elosztószekrényből egy nulla vezeték is szükséges eljuttatni a világítási kapcsolókhöz a megfelelő működés érdekében.

A szerelvényeknél helyileg elhelyezett okos eszközök sok esetben kiválthatók az erősáramú elosztószekrényben szerelhető berendezések, pl. DIN sínre szerelhető kivitelű vezérlők alkalmazásával.[7]



iContrAll intelligens rendszer falba süllyeszthető és DIN sínre szerelhető vezérlői

Ez a típusú struktúra számít a legköltségesebb megoldásnak, de közben ez a fajta kivitel a leghatékonyabb és esztétika szempontjából is egységesebb a többi megvalósítási lehetőséghez képest.

4.2.2.2. Hagományos erősáramú rendszer kiegészítése a mechanikus szerelvények cseréjével

A múltszázad során épült családi házak vagy lakások épületvillamossági rendszereinek részleges felújításakor legtöbbször alkalmazott módszer. A népszerűség oka egyszerű, mivel a korszerűtlen erősáramú rendszereket nem feltétlenül kell teljesen lebontani, majd újra kiépíteni ehhez a típusú okosotthon kialakításához. Számos gyártó megoldásai és berendezései közül választhatunk. Relatív költség hatékony megoldásnak számít. Az eszközlista és a megoldások száma végtelen.

Két típust különböztetünk meg a berendezések között megválasztásuk alapján. A direkt betáplálású egységeket, illetve az önálló energiaforrással rendelkezőket.

A direkt betáplálású szerelvények esetében az eredeti mechanikus berendezések, mint például a dugaszolóaljzatok és a világításvezérlési kapcsolók végpontjukban lecserélhető egy-egy okos

eszközre, amik az eredeti szerelvények megtáplálását alkalmazzák működésükhöz az erősáramú vezetékeken keresztül, amelyek a villamos elosztószekrény leágazásaitól indulnak ki. A megoldás előnye a megbízható energiaellátás, viszont hátrányként megemlíthető a lokációkat érintő korlátozottság. Csak az eredeti rendszer mechanikus szerelvényeinek elhelyezkedéseinél telepíthetők az új egységek.

Az önellátó energiaforrással rendelkező típusú megoldás esetében a szerelvények betáplálást tekintve teljesen függetlenek, az eszközökbe előre beszerelt akkumulátoros vagy elemes megoldással üzemelnek. Telepítésük független a mechanikus szerelvények elhelyezésétől és kiosztásától, viszont karbantartásuk problematikusabb is egyben. Az eszközök saját energiaforrásainak sűrű ellenőrzése elengedhetetlen a megfelelő működéshez.

4.2.2.3. Hagyományos erősáramú rendszerhez külsőleg, „plug-in” jelleggel megvalósított intelligens otthon megoldás

Az erősáramú rendszer által alapvetően is rendelkezésre álló szerelvényekbe, dugaszolóaljzatokba külsőleg csatlakoztatott egységekből felépülő, a fogyasztók és a szerelvények között elhelyezkedő berendezésekből álló okosotthon rendszer. A három típus közül ez a kivitel a leginkább költséghatékonyan létesíthető. Semmiféle épületvillamos és egyéb bontási, falazási munkát nem kíván az egységek telepítése. Hátránya az esztétikában mutatkozik meg, mivel a szerelvényekbe bedugott, fogyasztókon elhelyezett, utólagosan felszerelt berendezések túlnyomó többségben falon kívüli kivitelek. Manapság egyre elterjedtebbek a gyártás során már előre okosított nagyfogyasztók, például háztartási melegvíz tároló, amik nagymértékben elősegítik az ilyen jellegű intelligens rendszerek telepítését.

5. Összefoglalás

Projektünkben az okosotthonok energiamenedzsmentjének általános bemutatását láthatták. Mivel rengeteg megoldás, lehetőség van, ezért úgy gondoltuk, hogy egy általános bemutatással, komplex összefoglalással könnyebben közelebb tudtuk hozni az emberekhez az okosotthonokat.

6. Források

[2] <https://fardapaper.ir/mohavaha/uploads/2020/10/Fardapaper-Smart-home-technologies-in-Europe-A-critical-review-of-concepts-benefits-risks-and-policies.pdf>

[3] https://www.researchgate.net/profile/Muhammad-Raisul-Alam/publication/262687986_A_Review_of_Smart_Homes_-_Past_Present_and_Future/links/5593001d08aed7453d464fba/A-Review-of-Smart-Homes-Past-Present-and-Future.pdf

[4] <https://www.hellovidek.hu/életmod/2021/10/20/magyarok-millio-futenek-ezzel-nem-is-sejtik-hogy-brutalis-birsag-jar-erte>

[5] <https://officina.hu/gazdasag/311-gaz-ara-rezsicsokkent-es-gaz-limit>

[6] <https://officina.hu/gazdasag/312-aram-ara-rezsicsokkent-es-aram-limit>

[7] <https://icontrall.com/icontrall.rendszer.html>

Boruzs Kevin, Kozma Adorján Torda, Pákozdi Dávid, Pálfi Csaba, Dr. Pálfi Judith, Dr. Rácz Ervin Ph.D.: Távvezérelt kilövő rendszer

Óbudai Egyetem, Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar, Bécsi út 94-96, pkzd.david@gmail.com

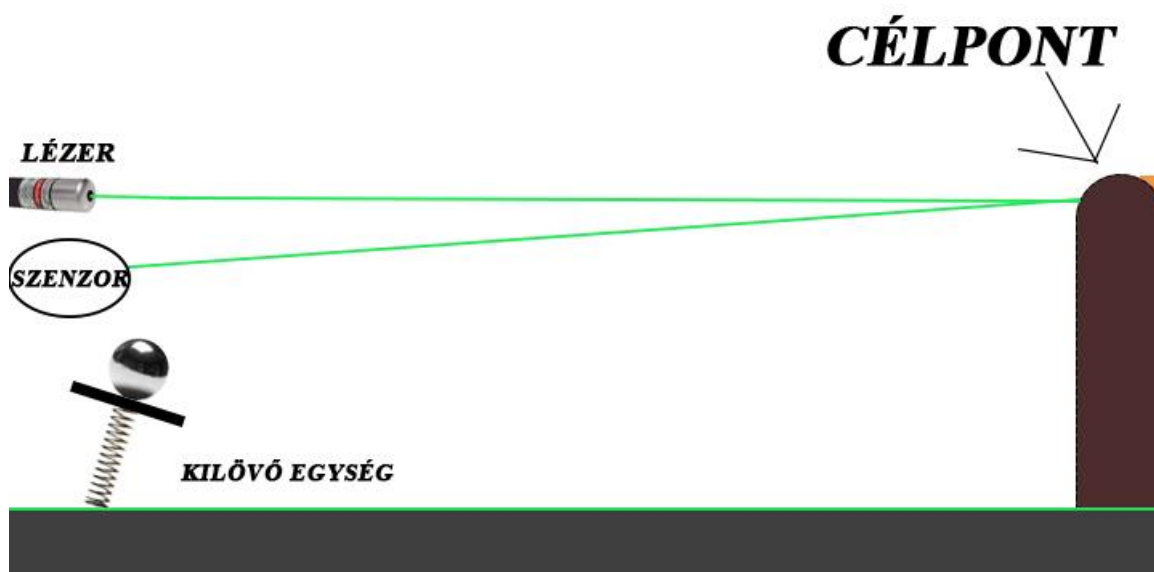
Absztrakt: A projektünk fő témájaként egy távvezérelt kilövő rendszernek a koncepcióját alkotjuk meg csapatunkkal. Tervezetünk szerint egy távvezérléssel irányított lézerrel jelöljük ki a célpontot, ahová célba juttatunk egy lövedéket. Azért döntöttünk emellett a projekt mellett, mivel első éves hallgatóként sok tapasztalatot tudunk szerezni az elkészítése folyamán, valamint ez számunkra szórakoztató jellegű is. Célunk eléréséhez a munkák során elemezzük az eddig elkészült témabeli kivitelezéseket, és ezekből tapasztalatot gyűjtve kívánjuk elkészíteni a saját felépítésű koncepciónkát.

Kulcsszavak: lézer, távvezérlés, kilövőrendszer

1. Előszó

Első éves villamosmérnök hallgatóként a célunk csupán az ötlet elvi kivitelezése. Cikkünkben részletesebben kifejtjük, hogy hogyan kívánánk kivitelezni az általunk elképzelt távvezérelt kilövő rendszert. Célunk eléréséhez a munkák során elemezzük az eddig elkészült témabeli kivitelezéseket, és ezekből tapasztalatot gyűjtve kívánjuk elkészíteni a saját felépítésű koncepciónkát.

Lézerrel jelöljük ki azt a pontot, ahová szerkezetünknek célba kell juttatnia a lövedéket. A függőleges- és vízszintes mozgatásért egy-egy léptetőmotor felelős. A lövedék kilövését egy rugó biztosítja majd, ennek megfelelően kell majd számolnunk a különböző rugóállandókat az elé helyezett tárgy tömegéhez mérten.



34. ábra Elméleti rajz a szerkezet működéséről [10]

2. Bevezető

Legtöbbünk gyerekként találkozott először azzal a problémával, hogy hajítás útján nem is olyan egyszerű egy tárggyal eltalálni valamit. Dobásunk sikerességét több tényező befolyásolhatja, azonban sok gyakorlás után az ember fel tudja mérni az ideális ívet és azt az erőt, mely segítségével az egyén által kiszemelt célig el is tudja juttatni a kezében lévő például labdát. Egy olyan rendszert kívánunk megalkotni, amely helyettünk is képes elvégezni a hajítás bonyolult műveletét. Lézerrel jelöljük ki a célpontot a pontosság növelésének érdekében, valamint ez a lézer méri fel a kilövőegység és a célba juttatási pont távolságát is. A szerkezetünk irányítása a rendszer telepítési helyétől független, így a kezelése nem helyhez kötött, leegyszerűsíthető és biztonságos.

A cső részt 2 léptetőmotorral irányítjuk, választásunk azért ezekre esett, mert pontosan állíthatóak, ezek felelnek a vízszintes és függőleges elmozdulásokért. A lövedékünk elindulását egy rugó végzi, mely része az elsütőrésznek is, a rugó felhúzása lehet kézi vagy gépi megoldású is, utóbbi esetben teljesen elkerülhető normál működés esetén az emberi beavatkozás.

3. Létező megoldások lézeres vezérlésre

3.1. Kereskedelmi felhasználás

A koreai Samsung vállalat által kifejlesztett VR9000H robot porszívó (2. ábra), egy lézeres vezérlést alkalmazó rendszer. A porszívó vezérlésére alkalmazható egy speciális lézermutató, amellyel a rendszert irányítani lehet. A koncepció hasonló az elképzelésünkhöz, de itt lövedék helyett magát a robotot irányítja a rendszer.[1]



2. ábra Samsung VR9000H [11]

3.2. Hadászati felhasználása

A lézeres vezérlésnek a fő hadászati alkalmazása bombák és rakéták precíz irányítása. Ezek közül az úttörő, első megvalósítást szeretnénk kiemelni.

A rendszer első alkalmazása az amerikai Texas Instruments által történt 1967-ben. Mivel az úgynevezett „buta”, nem irányított bombák pontossági hibákkal küzdöttek, a cég megalkotta a BOLT-117 (BOmb, Laser Terminal-117) bombát (3. ábra), amely megnyitotta az utat a „okos” bombák felé. A lézeres vezérlésnek köszönhetően a bombák pontossága pár méterre csökkent, így hatalmas sikert elérve. [2]



3. ábra "BOLT-117" LGB (GBU-1/B) [12]

A bomba sikerességének köszönhetően a mai napig népszerű a lézeres vezérlési rendszer a hadiiparban, amely ennek a technológiának a fő felhasználója.

Egy újabb alkalmazása a lézeres irányításnak a Phalanx CIWS (4.ábra) ami egy kishatótávolságú gépágyú hadihajók másodlagos védelmi rendszereiben. A rendszer egy 20mm-es Vulcan gépágyúból és titkosított lézeres célzó rendszerből áll. Szárazföldi variáns is csináltak belőle LPWS (Land Phalanx Weapon System). Az Egyesült Államokon Kívül további 15 ország használja a rendszer ma. [9]



4. ábra Phalanx CIWS [13]

3. Lézeres távmérés

A gépünk egyik legfontosabb eleme, melynek segítségével be tudjuk határolni azt a távot, aminek a másik végpontjára kell érkezzen a lőszer. Általánosságban elmondható, hogy a lézeres távolságmérés pontos, gyorsabb és egyszerűbb a colstokkal vagy mérőszalaggal végzett mérésekhez képest, akár 100 méter is lehet a hatótávja, valamint, ha olyan a műszer, eszköz képes 2 távolsággal különböző műveleteket is elvégezni (akár a dőlésszögek figyelembevételével).

Más mérőműszerekkel összehasonlítva azonban hátrány, hogy a tükröződő felületek, a fényt gyengén visszaverő anyagok, az üveg vagy a közvetlen napfény különböző mérési pontatlanságokat idézhetnek elő, amin a távolság növelése is tovább ronthat. A mérés úgy történik, hogy az eszköz kibocsájt egy lézerimpulzust, a célról visszaverődik a készülék fényérzékelőjébe, majd a lézernyaláb indítási és érkezési idejének különbségéből meghatározza a távolságot. Vannak bonyolultabb és drágább mérők is, amik térfogatot is képesek lehetnek meghatározni, azonban nekünk a műszer dőlésszögét figyelembe vevő funkcionál többre egyelőre nincs szükségünk.

Mivel nem feltétlenül van a célpontunk egy síkban a kilövőegységgel, a legegyszerűbb megoldás egy olyan lézer, amely dőlésszöget is mér. További előnyük, hogy ezek digitális jelet

állítanak elő, amit egyből megkaphatnak programok vagy más eszközök változóként, ez az automatizálás szempontjából előnyös. [8]

4. A rendszer alapjai

4.1. Célkitűzés

Egy háromdimenziós térben, szobában, egy adott pontot találunk el (golyóval).

Ez egyszerűnek tűnik, de van néhány probléma: Az adott célpont xzy-koordinátáinak értékét meg kell határozni, el kell érni a löveg xy- és xz-tengelyen való mozgását a megfelelő szögekben, össze kell nyomnunk a rugót a megfelelő rugóhatást kiváltó pozícióig, végül meg kell terveznünk a ravaszt, az elsütő egységet, mellyel aktiváljuk a gépünket.

4.2. Projekt bemutatása

Egy lézerrel vezérelt kilövőszerkezet megtervezését választottuk projektünként. A kilövőcső 2 stepper motorral koordinált egyikkel az xy-tengely, a másikkal az xz-tengely dőlésszögét állítjuk. A motorok mozgását Python-ban valósítjuk meg.

Elején 8mm ólomgolyóval teszteljük a kilövést adott tartományokban, majd pontokban. A rugó összenyomását kézi erővel is lehetséges, de ezt is lehet automatizálni motorral.

4.3. A rendszer hardverének terve

4.3.1. Az irányítási megvalósítása

A kilövő egység pozicionálását 2 stepper motorral végeznék, az egyik a szerkezet forgatását végeznék, a másik a kilövési szögért felelne: egy Nema 17 22mm motor [4] és egy RS Pro hibrid léptetőmotor [5].

A lövedék kilövéséért egy az alábbi jellemzőkkel bíró rugó felelne (5. ábra):

d	De	Di	L0	Ln	Sn	Fn	R
Huzal átmérője (mm)	Külső átmérő (mm)	Belső átmérő (mm)	Terheletlen hosszúság (mm)	Max. terhelt hosszúság (mm)	Maximális elmozdulás (mm)	Maximális terhelés ,Ln (N)	Rugóállandó (N/mm)
0,56	7,62	6,50	31,75	13,03	18,72	8,59	0,44

5. ábra A rugó tulajdonságai [14]

4.3.2. A lövedék

Lövedékként 8 mm-es nagyságú ólomgolyót választottunk, melynek tömege 3,1g. (6. ábra)

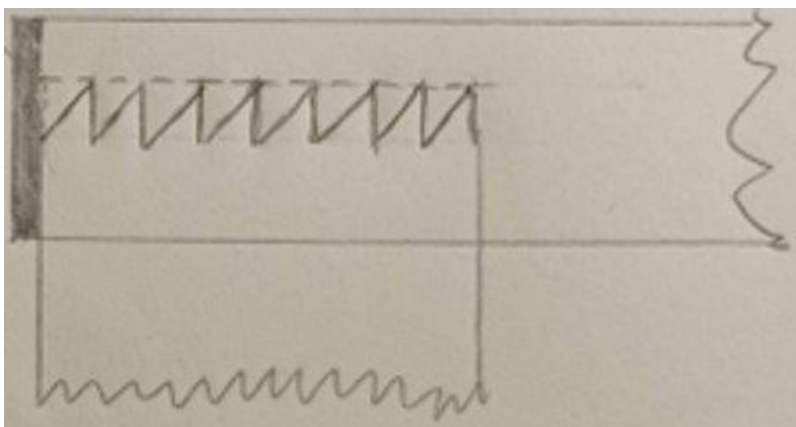
A főbb okai, hogy ezt választottuk az, az, hogy könnyen beszerezhető és kis mérete és viszonylagosan nagy tömege miatt jól viselkedik lövedékként. [7]

.315 Gömblövedék
Kaliber: .315"-8,00mm
Súly: 47,7gr./3,10g.
Anyaga: ólom 99,97% (BHN 5)

6. ábra A lövedék tulajdonságai

4.3.3. A ravasz megvalósítása

A rugó részét képezi az elsütőegységnek (7. ábra). A rugót csak 8 fixált távolságra tudjuk összenyomni, a ravasz szerkezetéből adódóan. Az pontok közti tartományhiányokat a löveg dőlési szögének változásával küszöböljük ki. Amikor húzzuk hátra a rugót, a ravasz is mozog vele együtt, a fogazásának köszönhetően pedig csak hátrafele engedi felhúzni magát, előre nem. Ez lövés után visszaáll végállásba.



7. ábra A ravasz felépítése [16]

4.4. Elvégzett szimuláció és vezérlés

A számítógépes adatfeldolgozás komplexitása miatt javasolt egy szintaktikailag könnyebben értelmezhető programozási nyelvet használni, ez lenne a Python, amit a rendszer irányításához használnánk. És Python-ban elvégeztünk egy szimulációt, hogy meghatározzuk a kilövő egység maximális képességeit 45°-os kilövési szögnél és a megadott alkatrészekkel (8. ábra)

```

D=440;           %rugóállandó [N/m]
m=0.0031;       %golyótömege [kg]
d1=0.018;       %rugóelmozdulás [m]
g=9.81;
u=0.15;

for a=0:1/12:5/12 %xy tengelybezártszög(0-75fok)
A=a*180

G=g*m           %nehézségiserő           [N]

Fm=G*(cos(a*pi)) %Fny merőleges komponens [N]

Fs=u*Fm         %surlódásierő           [N]

h=d1*(sin(a*pi)) %dőlésszögből eredő magasság [m]

Eh=m*g*h        %dőlésszögből eredő nehézségierő

Es=Fs*d1        %surlódásienergia       [J]

Er=0.5*D*(d1^2) %rugóenergiája         [J]
Em=Er-Eh-Es     %mozgásienergia        [J]

v=sqrt((2*Em)/m) %golyókezdősebessége [m/s]

x=((v^2)*(sin(2*a*pi)))/g %maxtávolság [m]
y(((v^2)*(sin(a*pi))^2)/g %maxmagasság [m]
end

```

8. ábra A szimuláció kódja Python nyelvben [17]

Ebből láthatjuk, hogy a rendszer 45°-os kilövési szögnél 6,75 m/s-os sebességet képes elérni, 4,6 méter távolra és 2,3 méter magasra képes kilőni a lövedéket.

5. A projekt lehetőségei fejlesztései

A kilövő rendszernek több olyan tulajdonsága van, amelynél jobb eredményeket lehet elérni:

Ilyen például a lehetséges lövedéktípusok univerzalitásának megvalósítása, így szélesebb körű felhasználási területet elérve.

Automata és szinkronizált lőszeradagoló, amely az újratöltésnél is kizárja az emberi tényezőt. Ha ez megvan, akár sorozatlövőt is készíthetünk belőle.

Automata felhúzó egység, amely újra fel tudja húzni a rugót a következő állásba.

Rugó alatti mérleg, mely leméri a rá helyezett test súlyát, ami így változóként jelenhet meg a programban, így nem kell manuálisan állítanunk.

Egy LIDAR (Light Detection and Ranging) szkennel segítségével be tudjuk szkennelni egy adott részt a térből, amelyen számítógépen ki tudunk jelölni több pontot, és tudnánk írni olyan

programrészt, aminek az algoritmusai elvégzik a kijelölt pontokhoz való mozgását a motoroknak. Így elég lenne például előben kijelölni a következő célt a kijelzőn, és a rendszerünk célba tud állni.[6]

Ezen felül a programba bele lehet építeni a közegellenállás változásának érzékelését és a szélhőkések figyelembevételét, ezáltal a telepítési hely kevésbé lesz kötött és pontosabb lehet a rendszer szabadtéren.

Hivatkozások

- [1] Samsung's upcoming robovac chases laser pointers, <https://www.digitaltrends.com/home/samsung-vr9000h/> (2022.11.12.)
- [2] BOLT-117 (BOmb, Laser Terminal-117), <https://www.globalsecurity.org/military/systems/munitions/bolt-117.htm> (2022.11.12.)
- [3] Texas Instruments Paveway I, <http://www.designation-systems.net/dusrm/app5/paveway-1.html> (2022.11.12.)
- [4] Léptetőmotor, <https://www.norelem.hu/hu/hu/Termékek/Termékek-áttekintése/Elektromechanika/Motorok-Emelő-oszlopok/Léptetőmotorok/Léptetőmotor.html> (2022.11.15.)
- [5] Léptetőmotorm, [https://hu.rs-online.com/web/p/leptetomotorok/8928732/?relevancy-data=7365617263685F636173636164655F6F726465723D31267365617263685F6C616E67756167655F757365643D656E267365617263685F6D617463685F6D6F64653D6D61746368616C6C267365617263685F7061747465726E5F6D6174636865643D5E282828282737C5253295B205D3F293F285C647B337D5B5C2D5C735D3F5C647B332C347D5B705061415D3F29297C283235285C647B387D7C5C647B317D5C2D5C647B377D29292924267365617263685F7061747465726E5F6F726465723D31267365617263685F73745F6E6F726D616C697365643D59267365617263685F726573706F6E73655F616374696F6E3D267365617263685F747970653D52535F53544F434B5F4E554D424552267365617263685F77696C645F63617264696E675F6D6F64653D4E4F4E45267365617263685F6B6579776F72643D3839322D38373332267365617263685F6B6579776F72645F6170703D38393238373332267365617263685F636F6E6669673D3126&searchHistory=%7B"enabled"%3Atrue%7D](https://hu.rs-online.com/web/p/leptetomotorok/8928732/?relevancy-data=7365617263685F636173636164655F6F726465723D31267365617263685F6C616E67756167655F757365643D656E267365617263685F6D617463685F6D6F64653D6D61746368616C6C267365617263685F7061747465726E5F6D6174636865643D5E282828282737C5253295B205D3F293F285C647B337D5B5C2D5C735D3F5C647B332C347D5B705061415D3F29297C283235285C647B387D7C5C647B317D5C2D5C647B377D29292924267365617263685F7061747465726E5F6F726465723D31267365617263685F73745F6E6F726D616C697365643D59267365617263685F726573706F6E73655F616374696F6E3D267365617263685F747970653D52535F53544F434B5F4E554D424552267365617263685F77696C645F63617264696E675F6D6F64653D4E4F4E45267365617263685F6B6579776F72643D3839322D38373332267365617263685F6B6579776F72645F6170703D38393238373332267365617263685F636F6E6669673D3126&searchHistory=%7B) (2022.11.15.)
- [6] Lidar <https://hu.wikipedia.org/wiki/LIDAR> (2022.11.15.)
- [7] Gömblövedék http://www.olomlovedek.hu/hu/termek/308-.315_gomblovedek.html (2022.11.15.)
- [8] Lézeres távmérés <https://www.sola.at/hu-hu/termekek/lezeres-tavolsagmerok-c1637> (2022.11.15.)
- [9] Phalanx CIWS https://en.wikipedia.org/wiki/Phalanx_CIWS (2022.11.15.)
- [10] Elvi terv – saját készítésű ábra
- [11] Samsung robot porszívó <https://technabob.com/blog/wp-content/uploads/2014/08/Samsung-VR9000H-robot-vacuum-cleaner-900x503.jpg>
- [12] "BOLT-117" LGB (GBU-1/B), <http://www.designation-systems.net/dusrm/app5/gbu-1.jpg>
- [13] Phalanx CIWS https://en.wikipedia.org/wiki/Phalanx_CIWS#/media/File:Phalanx_CIWS_USS_Jason_Dunham.jpg
- [14] A rugó tulajdonságai <https://www.sodemann-rugok.hu/termekek/nyomorugok>
- [15] A lövedék tulajdonságai http://www.olomlovedek.hu/hu/termek/308-.315_gomblovedek.html
- [16] A ravasz felépítése – saját készítésű ábra
- [17] A szimuláció kódja Python nyelvben – saját készítésű ábra

Golarits Botond, Margit Bendegúz, Szajli Tamás, Dorogi László, Földesi Dávid, Benczédi Balázs, Antal Gábor, Dr. Páfi Judith: EOH - Energiahatékony Okos Ház

Óbudai Egyetem, Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar, Budapest Bécsi út 94-96.

Absztrakt: Napjaink legfontosabb kérdésének az egyike, a növekvő energia árak miatt kialakuló válság kezelése. A növekvő gáz és villamosság ár nem jól érinti a háztulajdonosokat. Ezért csapatunk az okos otthonok, épületek működésével és fejlesztésével fog foglalkozni. Kutatásunk során megvizsgáljuk az intelligens épületek energia ellátási módjait, automatizált rendszerek működését és az okos eszközökkel való kommunikációban rejlő lehetőségeket. Az okos házak az a téma, ami összekapcsolja csapatunkat, hiszen mindannyiunk ebben a témában találta meg a maga érdeklődési körét. Az első lépésünk, hogy érdeklődési köreinknek megfelelően felosztjuk a témát egymás között, majd ipari mentorunk és tanárnőnk segítségével mindenki elkezdi a maga kisebb témájának a tanulmányozását. Tapasztalatainkat és tudásunkat a munkafolyamat során megosztjuk egymással, ez alapján dolgozzuk ki cikkünket.

Kulcsszavak: Energia, Okosotthon, Épület Automatizálás, Okos eszközök

1. Bevezetés

Manapság már az egész életünket behálózzák az okos eszközök mint például az okos telefonok, tévék, laptopok és egy nagyobb népszerűségnek örvendenek az okos házak is. Azonban ahogyan ezek az eszközök egyre okosabbak és több funkcióval bírnak annál nagyobb energia igényük lesz. Napjaink egyik problémája az energia hiány és az ebből származó drágulás. Cikkünkben megvizsgáljuk hogyan tudunk egy okosházat energiával ellátni, ezt az energiát milyen módon tudjuk megtermelni.

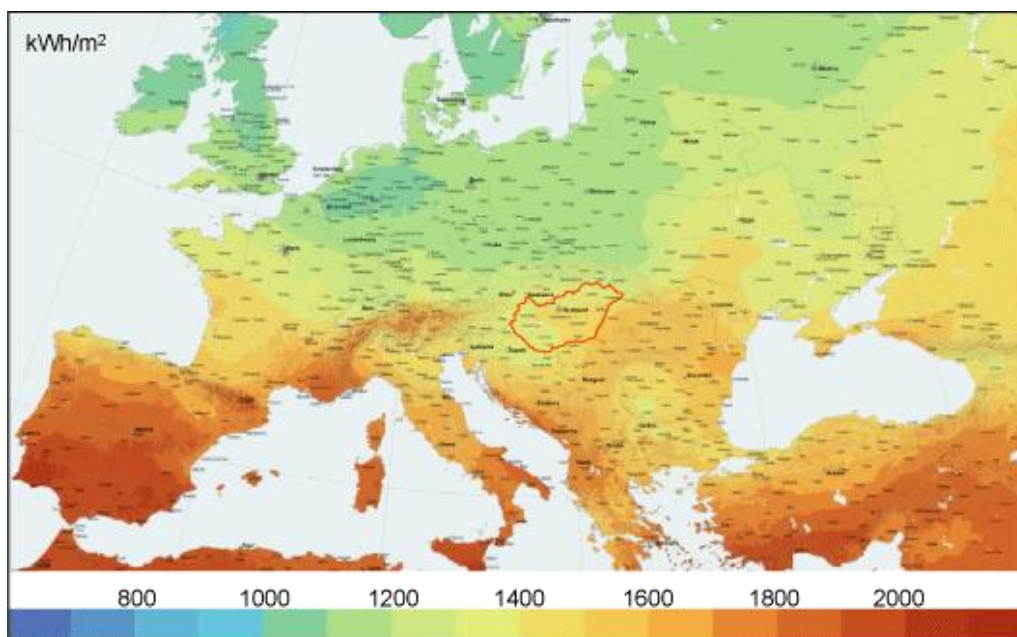
2. A napenergia

A napenergiának számos hasznos felhasználási területe létezik. A legelterjedtebb a fotovoltaiikus cellákból származó egyenáram, amit utána lehet közvetlenül, vagy inverter segítségével váltóáramként hasznosítani. Az ilyen rendszereket nevezzük aktív napenergiának, amelybe beletartoznak a naperőművek is, amik a napfény hőenergiáját hasznosítják, hogy egy hagyományos gőzturbinával áramot generáljanak.

Léteznek passzív napenergia felhasználási módok is ilyenek például az üvegházak, amik közvetlenül a napfény hőenergiáját alkalmazzák. Bizonyos esetekben, ha a tájolás és az ország időjárási viszonyai lehetővé teszik ezt a passzív napenergiát fellehet használni, hogy a házban ideális hőmérsékletet lehessen elérni fűtés nélkül.

Azt, hogy érdemes-e fontolóra vennünk a napelemek használatát főként az adott ország napsütéses óráinak száma és a napsugárzás erőssége határozza meg. Szerencsére Magyarország még az ideális országok közé esik.

1. forrás Napenergia [1]



2. ábra Európa napsugárzási térképe [2]

2.1 A napenergia felhasználása okosházaknál

Az okosházaknál a legcélszerűbb napenergia felhasználási mód az a napelemmel történő áramtermelés. Ezzel egy nagyon hatékony és környezetbarát ház érhető el, ha gondosan kivitelezik. Fontos, ha már a házépítésénél gondolkodunk a napelemek felszerelésén érdemes magát a tetőt is úgy megtervezni, hogy a megfelelő fekvést és 3. forrás napelemek működése [3] napelemek számára ugyanis ezek a tényezők jelentősen befolyásolják a napelemek áramtermelési képességét.

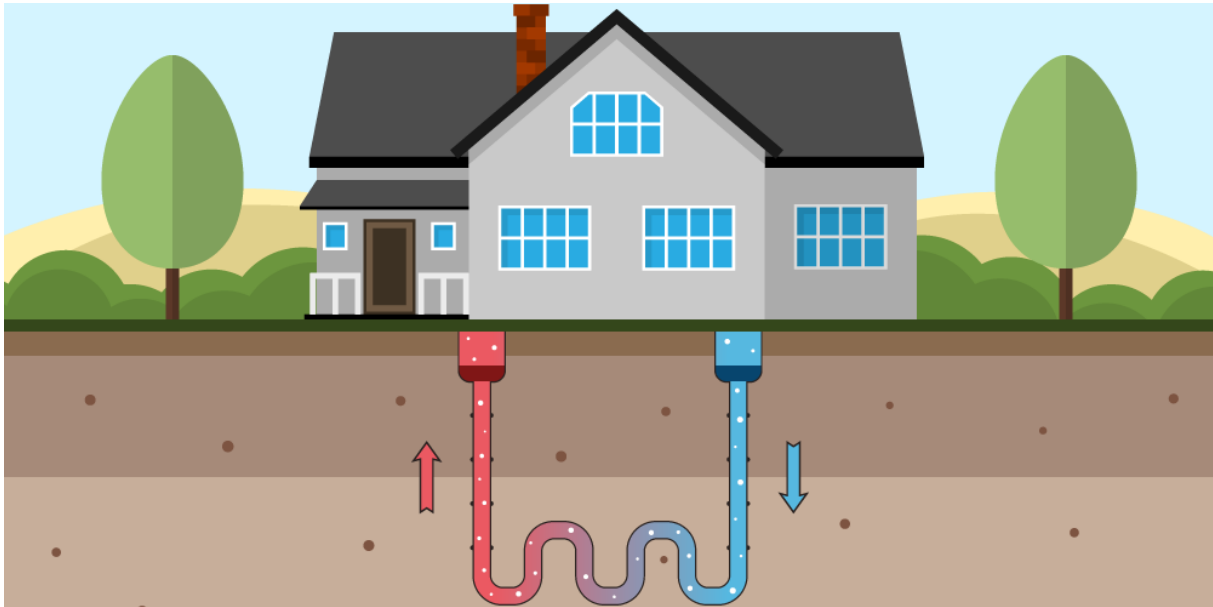
2.2 Miért érdemes a napenergiát választani?

A napenergia egy remek módja megszabadulni a fosszilis energiahordozóktól a háztartásunkban így hozzájárulhatunk egy tisztább jövőért. Mindemelllett a napelemek évről évre egyre energiahatékonyabbak és olcsóbbak továbbá tartósabbak is lesznek és nagyon sok új fejlesztés is folyamatban van amik alapvetően megváltoztathatják az iparágat például több cég is már elkezdett átlátszó, hajlítható és cserépbe beépíthető napelemeket fejleszteni, amik már esztétikailag is segíthetnek egy gyönyörű és modern ház megalkotásában.

3. Geotermikus Energia

A geotermikus energia annyit jelent, hogy felszínre hozzuk a föld energiáját valamilyen technológia segítségével, és ezt az energiát hasznosítjuk. A felszínre hozott energia lehet hő, vagy akár termásvíz is a megfelelő mélységben. Magyarországon ez a mélység 1600- 2800m között alakul. A nekünk szükséges technikai háttérhez szükségünk lesz egy hőszivattyúra. Ez a technológia úgy dolgozik, hogy le kell fúrni a talajba körülbelül 70-150m mélyre, hogy megfelelően meleg hőmérséklet legyen. Ebben a mélységben egy cső segítségével vizet vezetünk le amit a hőszivattyú viznyomásváltoztatással keringeti majd vizet a felszínre. Leegyszerűsítve: Egy keringető körként működik, amely hőenergiát vesz fel a talajból és a hűtőközeg segítségével a megfelelő hőmérsékletre fűti a rendszerben keringő vizet, amit a hőleadókon keresztül fűtésre vagy hűtésre tudunk használni. Kezdjük ennek a rendszernek az

előnyeivel. A megújuló energiaforrás használatával védjük a környezetünket és magát a bolygót. Ezáltal saját magunknak teremtjük meg a fűtéshez szükséges energiát, nem függünk gázszolgáltatóktól. Üzemeltetési költség szempontjából is takarékosabb megoldásnak bizonyult az energiaárak miatt. Menteshülhetünk a napjainkban kialakult energiahiánytól is, mivel saját magunknak képesek vagyunk előállítani környezettudatos módon az energiát. Célszerű ezt a módszert egybekötni az egész otthonunk vízhálózatával, mivel ezáltal még több



4. ábra Hőszivattyú ábra [4]

felhasználási módot használunk ki a rendszerünkben. A kutatások alapján üzembiztosnak és biztonságosnak minősült ez a fajta geometrikus energia működtetése. Ennek is megtalálhatók a hátrányai. Működtetéséhez villamos energiára van szükségünk. Viszont hogyha ezt a rendszert összekötjük egy napelemes rendszerrel, akkor akár nullázható is a rezsiköltségünk. Ami nekünk a legjobb ebben az összeköttetésben, hogy így már teljesen környezetbarát módszerrel üzemeltethetjük. A teljes struktúra felépítése magas költségekkel jár, de egy környezettudatosabb jövő érdekében (főleg egy okosotthonban) célszerű meghozni ezt a döntést! Lassan fog megtérülni a befektetésünk, szóval hosszú távra célszerű megtervezni. Új építésű házaknál a legajánlatosabb kitelepíteni ezt a rendszert, mivel ott még minden adott a zökkenőmentes építetetésre. Ezáltal a költségünk is csökken, hogyha egyszerűbben és hatékonyabban tudjuk hasznosítani.

4. Okos otthonok Automatizálása

Tényszerű hogy otthonunk okosításakor először a felhasználói igényeket vesszük figyelembe, melyeket összevetünk a megvalósítási lehetőségekkel, majd ezen kiértékelés után végbe visszük azokat. Mivel lakásunkban akarjuk megvalósítani ezen fejlesztéseket, célszerű olyan hétköznapi tevékenységeinket automatizálni melyek napi rendszerességükből kifolyóan időigényesek vagy sok emberi erőforrást kötnek le. Például a villanykapcsolóhoz való állandó séta, a sötétítők kézi- működtetése vagy a fűtés beállítása.

5. forrás okos otthon [5]

4.1 Népszerűbb okosítási szükségletek

Világítás (azon belül is több fajta):

-kültéri világítás: nagyobb fényerővel + időkorláttal 20-30 perc az energiapazarlás elkerülése végett (rendkívüli esetekben felülírható).

-belső :nappali, hálószoba=>szabályozható erősségű, (nyugtató hatású színbeállítási lehetőséggel, esetlegesen egyéb szórakoztatási lehetőségekkel pl.: disco világítás). Konyha fürdő stb.=> több kisebb fényforrás a különböző tevékenységekhez igazítva.

Redőny-árnyékolás-függönyrendszer: a napszakokkal és az emberi állapottal összhangban, vagyis ébredéskor megfelelő kisebb mennyiségű fény beeresztése , vagy viharoknál ,kánikulás időben a megfelelő elemek be- vagy kiiktatása. Illetve napi rendszerességű szellőztetés beállítása.

Hűtés-fűtés: az aktuális évszaknak megfelelő beltéri hőfok-szabályozás, a geotermikus- és napenergia felhasználó rendszer segítségével.

Vízfolyás érzékelő/víznyomás szabályozó: a pazarlás elkerülése végett, illetve a fogyasztási mennyiséghez igazított víznyomás beállításához.

Okosbojler: a felhasználó otthoni létére időzítve.

Intelligens konyha: -okoskávéfőző vezérlés a reggeli kávé reggeli automatikus elkészítésére. - okosmosogatógép/okosszárítógép vezérlés konyhai eszközök kezelésére. -okoskonyhamalac több programmal csatornarendszerbe vezetéssel.

Intelligens fürdő: -okosmosógép/okosruhaszárítógép ruháink tisztán tartása. - szagelszívó/illatosító rendszerek olyan helységeknél ahol a szellőztetés nem- vagy csak kis hatékonysággal lehetséges.

Telekommunikáció: Televízió előtérbe helyezés, adások felvétele, népszerű csatornák megjegyzése

Beépített Hifi. Internet elérés biztosítása illetve hálózati tevékenységek felügyelete és adataink védelme.

Napelemcellák mechanikus irányba állítása, takaró-védelem jégesős időben.

4.2 Megvalósítás

Mint minden irányítási rendszerben, úgy az okosotthon esetében is szükség van központi vezérlő egység(ek)re. Főbb feladatuk a külső jelek vizsgálata, feldolgozása, miután kiértékeltek a helyzetet , annak megfelelően beavatkozó jelet küldenek a végrehajtó elemeknek. Ezen eszközök lehetnek PLC-k, mikrovezérlők vagy számítógépek. Célszerű több modulra felbontani az egész rendszert, hisz ez esetben ha egy elem meghibásodik, akkor csak a saját feladatköre esik ki a rendszerből. A felhasználóval pedig egy az erre a célra kijelölt telekommunikációs eszköz (pl.: tablet, okostelefon) venné fel a kapcsolatot.

4.3 Érzékelés

4.3.1. Az ember mint külső jel:

Okoslakásunk fő feladata az ember életének megkönnyítése. Napjaink legmodernebb vívmányaként már a felhasználót is jelként vesszük figyelembe. Azon adatok melyeket a vevőről gyűjt be a lakása, kizárólag az ő kiszolgálására használhatja fel, tehát azokat nem felhőben hanem helyben tároljuk. Az adatok rögzítésére egy kibővített okosóra lesz a megoldás. Ezen érzékelő számos tulajdonságot vizsgál:

-Helyzet és útvonal: bizonyos teendők a tulajdonos helyzetét vehetik figyelembe pl.: ha nincs otthon a "gazda", a fűtés leáll, a mosás elkezdődik, a sötétítés aktiválódik vagy ha éppen haza indult akkor a kávéfőző bekapcsol.

-Belső/Tudatalatti: emberként bár nem minden napunk egyforma, de okosotthonunk állandó felkészültséggel áll rendelkezésünkre nap mint nap. Testünk különböző kisugárzásait vizsgálva, algoritmusai mindig tudja mit kell "tennie" vagy "ne tennie". Érzelmekre, érzésünkre jó hatást gyakorolva. Pl.: zaklatott állapotban lakásunk nyugtató hatású fényrel világít vagy ébredéskor italunkkal kedveskedik.

-Konkrét utasítások: természetesen direkt utasítás is lehet emberi jel, melyet a smart-watcher-en lévő applikáción keresztül küldhetjük haza lakásunknak.

4.3.2. Fizikai jelek:

Lakásunk belső rendszere egyaránt figyeli a kül- és belterét. Ezen jelek mérésére szenzorok sokasága, optikai érzékelők stb. szolgálnak. Többnyire kinti és benti hőmérséklet, légnyomás, páratartalom, CO2 szint, napállás és idő mérésére van szükségünk a különböző szabályozásoknak. Míg a vezérlésekhez többnyire végállás kapcsolók, közelítésérzékelők elengedhetetlenek.

4.4 Beavatkozás

Előző pontjainkban láthattuk hogy az automatizált okosotthon működéséhez először szükséges adatokat gyűjteni, azokat kiértékelni, majd a betáplált program segítségével célravezető hatással lenni a módosítandó jellemzőkre. Ezen beavatkozások végrehajtására különböző aktuátorok lehetnek segítségünkre:

-Kompakt végrehajtó eszközök: azon berendezések melyek gyártók által összeszerelt állapotban beszerezhetőek és más feladatkört betölteni nem tudnak, kompakt aktuátornak tekinthetőek. Nem szükséges elemenként megtervezni és összeszerelni azokat, mindössze telepíteni kell. Pl.: az okoskávéfőzőgép vagy a táv vezérelt-elektromosfűtőtestek.

-Alap végrehajtó eszközök: a beavatkozó berendezések azon csoportja melyek feladata általunk meghatározható, automatizálási szempontból nem bonthatóak tovább. Egyéni vagy kreatív jellegű igények esetén, ilyen eszközök megfelelő tervezésével és kivitelezésével, szinte bármilyen összerakható. Pl.: sötétítés mozgatója szervomotor segítségével.

5. Biztonság és védelem

Az okos házakban megtalálható technika, gépek, automatizált rendszerek és ezeknek a szoftvereik, a napelemek, a geotermikus hőszivattyúk és egyéb más eszközök összértéke több millió forint is lehet ezért ahol csak lehet védeni kell őket. Védeni kell őket a lopásokról és az

esetleges meghibásodások hol származó károkat ahol csak lehet gátolni kell. A meghibásodások Sodorják az emberi életet és nagy anyagi kárt tudnak okozni például egy előregedett vezeték a tűzesetet okozhat.

Alap biztonsági berendezésünk az ajtózár ezeket az zárat egy egyszerű kulccsal lehet nyitni de manapság már mágneses kártyával, kóddal, telefonnal nyíló ajtók is léteznek. Ezek sokkal biztonságosabbak tudnak lenni mint egy átlagos kulccsal nyíló ajtó emellett kényelmi szempontból és sokkal praktikusabbak, hiszen egy automatizált rendszerbe beépített ajtót távolról is képesek vagyunk nyitni vagy zárni.

Legnépszerűbb biztonsági berendezései a riasztók, ezek általában mozgásérzékelőkből és mágneses érzékelőből álló hálózatok amelyek érzékelik a mozgást vagy a mágnes esetében nincs meg a mágnesesség jeleznek a rendszernek ami riasztást ad ki. Komolyabb házaknál már kültéri vagy akár beltéri kamerákat szerelnek fel.

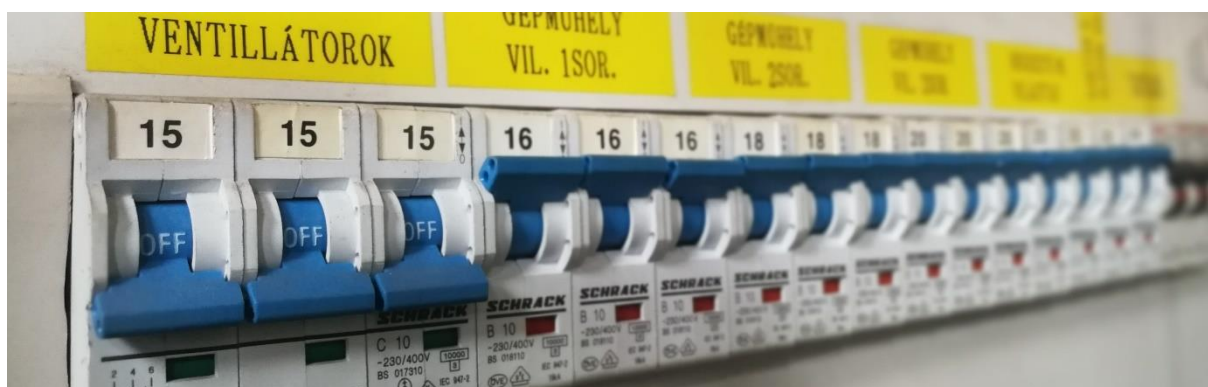


7. ábra mozgásérzékelő



8. ábra riasztó [8]

Minden házban megtalálható egy kapcsolószekrény amely a házban lévő elektromos hálózatot biztosítják túl nagy átfolyó áram esetén tűzvédelmi okokból aktiválódnak és lekapcsolják a



9. ábra biztosíték kapcsolók [9]

házat a hálózatról. Fontos feladatot ellátó eszköz még a füstérzékelő amely érzékeli a füstöt ezáltal ugye a tüzet is és aktiválódása során riasztást ad le. olyan házakban fontos különösen ez az eszköz ahol a fűtőrendszer vegyes tüzelésű kazánal működik hiszen ebben az esetben juthat be mérgező füst vagy szénmonoxid a lakásban a szénmonoxid nagyon veszélyes hiszen az ember nem képes érzékelni a jelenlétét és már csak a rosszullétet veszi magán észre. igen hiszen

a szénmonoxid a szervezetbe bekerülve meg kötődik a vérben ezáltal gátolja az oxigén felvételét így mérgezi a szervezetet.

6. Okosház funkció bővítése

Az okosházak között gyakran előfordulnak manapság olyanok, amiknek a fűtését a telefonunkról képesek vagyunk szabályozni. A házban így el tudjuk indítani a fűtést mielőtt haza érünk. Olyan rendszerek is előfordulnak, ahol meg tudjuk előre adni azt, hogy mikor menjen a fűtés. Az ilyen fajta fűtési rendszerek időt is spórolnak az embereknek, nem csak a kényelmet szolgálják.

A technológiai háttér tehát meg van ahhoz, hogy akár más eszközöket is tudjunk így használni a házban az internetes hálózat segítségével. A kávéfőzőt is ellehet indítani mielőtt haza érne az ember és akár egy forró fürdő is megoldható hasonlóan, a TV, a rádió is. A telefonunkról képesek lennénk így majdnem minden eszközünkhöz hozzá férni. De mennyivel egyszerűbb lenne, ha a hely adatainknak a megosztásával a rendszer érzékelné, hogy mennyi idő alatt érünk haza és magától indítaná el ezeket az eszközöket. A haladási útvonalunkból, és sebeségünkéből következtethetne arra, hogy mivel közlekedünk ebből a haza érésünk időpontját is meg tudná becsülni és minden addigra lenne készen.

A funkcióit egy ilyen háznak azzal lehetne még bővíteni, hogy ha a rendszerünk felajánlana több programot a hazaérkezésre. A programokat pedig különböző hangulati állapotokhoz lehetne szinkronizálni, például, ha valaki boldog akkor egy olyan programot ajánl fel neki a rendszer, hogy a hazaérkezéskor a kedvenc zenéje indul el a zenelejátszón és készít egy gyümölcs teát, ha meg valaki szomorú és fáradt, akkor egy a hangulatához közelálló zenét indít el és egy fekete kávé készít meg egy meleg fürdőt. A programok végrehajtásáról egy értesítést kapna a felhasználó, amit el kell fogadnia, hogy a ház végre hajtsa. A programokat lehetne módosítani, úgy, hogy a kiválasztott program elemei közül, kikapcsol valamit, vagy a programba nem beletartozó elemet bekapcsolja.

A hangulat meghatározáshoz, azonban szükség van több információra is, amiknek a felhasználásához, a felhasználónak az engedélye szükséges. Fontos lenne az élettani adatok gyűjtése, napi átlag vérnyomás, és pulzus, valamint a mozgás mennyisége és minősége. A pontosabb meghatározáshoz segítene a felhasználó üzeneteinek monitorozása. A bizonyos szavak és kifejezések alapján meghatározni a hangulatát. Az időjárási körülmények is befolyásolhatják az érzelmeket, tehát ezt is figyelnie kéne a rendszernek.

Hivatkozások

- [1] https://www.naplopo.hu/miert-napenergia?fbclid=IwAR1sI24RbEP5gMEP25EJMiM05cocZK8aAJVpm_QI8EUUITBUFhAqLGBggM
- [2] https://www.naplopo.hu/images/miert-napenergia/europa_napsug.gif?fbclid=IwAR0XIsZAP2KjNvfGKJsYAhKILd0trBrRixmxLhPMjfXLT7OZ_CqEB9CPrA8
- [3] <https://solarzone.hu/a-napelem-mukodeserol-ertheton/>
- [4] https://www.eon.hu/hu/blog/otthon-kenyelme/geotermikus-futes/_jcr_content/par/gridcontrol/col-6-6-2/image.coreimg.82.1280.png/1581606008840/geotermikus-futesi-rendszer-2x1.png

- [5] https://smart-epulet.hu/?gclid=Cj0KCQiAveebBhD_ARIsAFaAvrE0wObmIXuT3fUhYbQgXKojm1_sj19LblGH-DMr_S8xulpz7z5wyc4aAoS2EALw_wcB
- [6] <https://www.elpefm.hu/riaszto-rendszerek-telepitese/>
- [7] https://www.metroman.hu/images/termek/6779_SASO-PA-4410P-infra-mozgaserzekeloevolveo-sonix-vip-606c-2.jpg
- [8] <https://www.elpefm.hu/wp-content/uploads/2018/06/riaszt%C3%B3-rendszer-720x720.jpg>
- [9] <https://www.villanyzaki.com/images/adiskepek/biztiks-covernek-vekonyabb.jpg>

Dr. Pálfi Judith, Gyuricza Marcell, Szénási Benedek, Kvala Dávid, Lovász Balázs, Buzder Lajos, Kok Barnabás, Molnár Ferenc: Atomenergia és különleges energiaforrások

Óbudai Egyetem, Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar

Absztrakt: Bolygónkon az egyre gyarapodó létszámú emberiség energiaigénye évről évre folyamatosan növekszik. A növekvő energiaéhség kielégítését nehezíti a napjainkban tapasztalható energiaválság. [1] A Föld energiakészletei korlátozott mennyiségben állnak rendelkezésünkre. [1] Csapatunk szeretné bemutatni az energiatermelési technológiák fejlődését és a hagyományos energiahordozók alternatíváit. A jelenleg kialakult helyzet forradalmi változás elé állította az energia szektor szereplőit (pl. az energia árak növekedési kockázata, az ellátásbiztonság, a környezetszennyezés stb.). A hagyományos termelési módoktól való függetlenedés és az ellátásbiztonság növelésének lehetőségeire keresünk lehetséges megoldásokat a cikkeinkben. A témát szakirodalom és ipari mentorunk segítségével interdiszciplináris módon dolgozzuk fel.

Kulcsszavak: atomenergia, különleges erőforrások

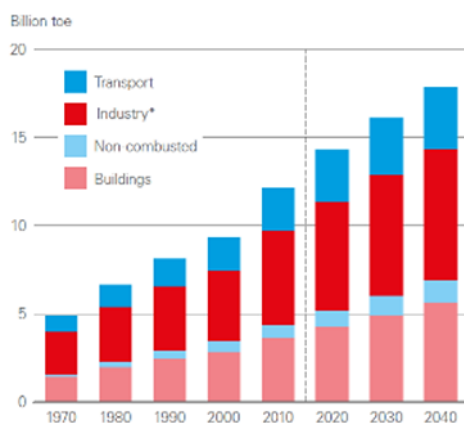
1. Bevezetés

Napjaink legnagyobb kihívásai egymásból következnek, kölcsönös függési viszonyban állnak egymással és egy sötét, disztópikus jövő eljövételével fenyegetnek: az emberi populáció túlnépesedése és a fosszilis energiahordozók megkerülhetetlen státusza bolygónk ökoszisztémájának rohamos pusztulásához vezet. A fentiekben megnevezett tények közötti összefüggések öngerjesztő folyamatként írhatók le, és ennek a folyamatnak számos externáliája sújtja civilizációnkat. Mindezek ismeretében vizsgáljuk meg az energetikai szektor globális szerepét a környezetszennyezésben: a szélesebben gyarapodó számú emberiség szignifikánsan növeli a nemzetek energiaéhségét, melynek kielégítése többnyire fosszilis termelési módok alkalmazásával történik, ami felgyorsítja a Föld élővilágának pusztulását. Ebben a zuhanórepülésben hatalmas felelősség nehezedik az energetikusok vállára, ugyanis a világ energiaellátottságát immár környezetvédelmi szempontoknak megfelelően szükséges biztosítani, hogy elkerüljük a bioszféra irreverzibilis károsodását. Mindez a károsanyag-kibocsátás (üvegházhatású gázok és egyéb mérgező vegyületek) csökkentésével, a tudatos energiafogyasztással, és ezekből következően, az alternatív, megújuló energiaforrások elterjedésével érhető el. A téma időszerűségére erőteljesen rámutat az energiaválság, ami primer módon a fosszilis energiahordozó alapú rendszereket érinti, ennek következtében egyre tágabbra nyílik az alternatív megoldások alkalmazása felé vezető út kapuja, ami egyben egy fenntarthatóbb jövőkép lehetőségét rejtje magában. [1] Csapatunk célja az energetikában megjelenő forradalmi változás prezentálása, a konvencionális termelési megoldásoktól való függetlenedés és a diverzifikált energiaellátás lehetőségének vizsgálata.

2. Energiakitekintés

2.1. Jelen és jövő energiafelhasználása

Jelenleg is tart a föld túlnépesedése, amely bár egy hosszú folyamat eredménye, mi mégis szélesebben száguldunk efelé. Jelenleg az energiaárak az orosz-ukrán konfliktus miatt kilóttek, a fogyasztásunk mégis nő. 2040-re várhatóan a világ népessége elérheti a 9,2 milliárd főt, ekkor a gazdasági bővülésnek a 80%-át a termelékenység növekedés fogja kitenni. [2] A mai helyzetben az ipari terület használja fel a legtöbb energiát, csaknem a felhasználás felét.

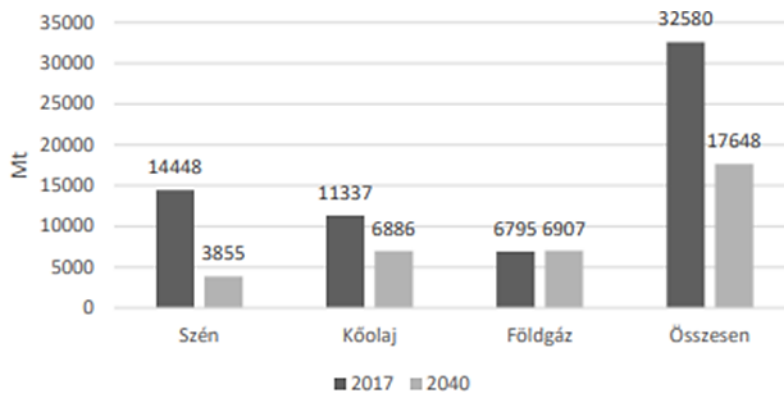


1. ábra Energiafogyasztás megoszlása [15]

A közlekedés és kereskedelmi szektor pedig szintén közel 50%-át teszi ki (1. ábra). [2] Kutatások szerint a gazdasági növekedés hatására az életszínvonal is nőni fog, melynek köszönhetően a középosztály fog bővülni. Több ember engedheti meg magának a jóléti eszközöket. A legnagyobb fejlődés éppen ezért az energia előállítására lesz fókuszálva.

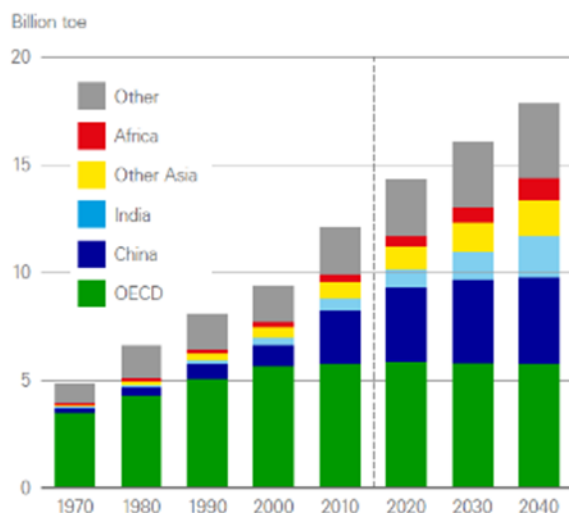
2.2. A világ energiaigénye

Az energiaigény növekedéséért legfőképpen a fejlődő országok a felelősek. Sajnálatos módon, a világ legelterjedtebb energiahordozói a fosszilis energiaforrások. A hangsúly ezen a területen a széndioxid kibocsátáson van (2. ábra), mely Földünket szennyezi és elősegíti a bolygónk felmelegedését. [3]



2. ábra: Szén-dioxid kibocsátás [16]

Látható, hogy az étetéssel mennyi szennyező gázt juttatunk a levegőbe. A csökkenést 2040-re a nem megújuló energiahordozók fogyásának, illetve az új termelő technológiáknak köszönhetjük. Emellett fontos megemlíteni, hogy a fejlődés miatt a súlypontok is áthelyeződnek.

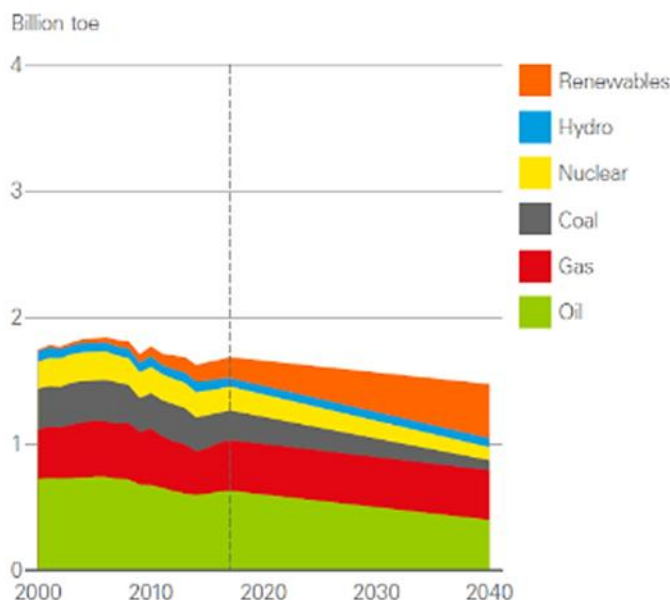


3. ábra: Fogyasztás a múltban és a jövőben [17]

A régiók megoszlása eltérő lesz. A kiugró energiatermelő országok Kína és India marad, ezáltal az energiaigény ott fog a legmagasabb tendenciában is nőni. 2040-re az igény egyharmadát kitevő OECD országok fogyasztása stagnálni fog. Fontos itt megjegyezni, hogy Afrika fogja a népességnövekedés ~25%-át kitenni, az igénynövekedés mégis itt csupán 6% lesz (3. ábra). [2]

2.3. Primer energiaforrások [2]

A legfontosabb feladat az energiaszektorban, hogy a károsanyag kibocsátást jelentősen le kell csökkenteni. Fontos, hogy meg kell vizsgálni a fogyasztást azon belül is pedig, hogy min lehet változtatni, illetve csökkenteni. A jelentős kibocsátást természetesen mi magunk és az igényünk okozza.



4. ábra: Energiamix [18]

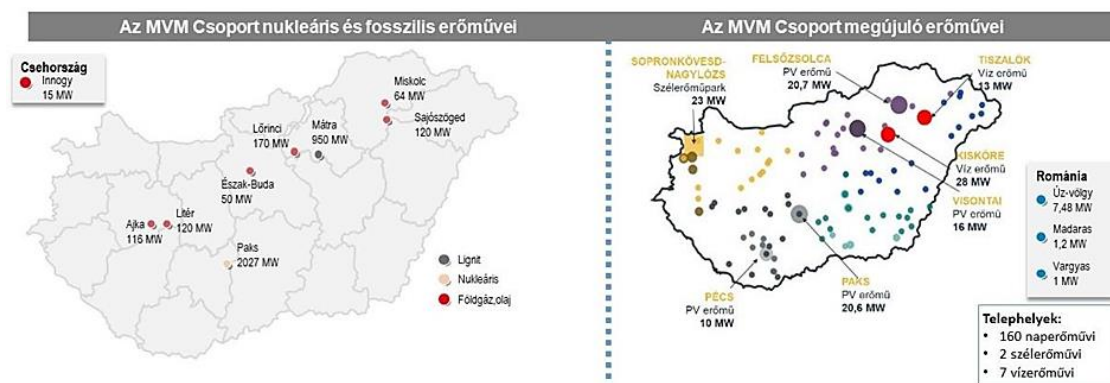
A jövőben jelentősen fog növekedni a megújuló, illetve alacsony szén-dioxid termelő erőforrások száma a technológiai fejlődésnek köszönhetően. Ennek hatalmas nyertese a megújuló ágazat lesz. 2040-re az energiamix 15%-át a megújuló energiaforrások adják majd (4. ábra). A földgáz kivételével minden fosszilis energiaforrás felhasználása csökken. A gáz felhasználása viszont jelentősen növekedni fog.

2.4. Magyarország erőművei

A hazai villamosenergia-termelés alapját, gerincét a Paksi Atomerőmű (~50% hazai termelési hányad) és széntüzelésű erőműveink adják. Termelési rugalmatlanságukból adódóan gazdaságos üzemeltethetőségük egyik alapfeltétele, hogy folyamatosan biztosított legyen névleges terhelésüket megközelítő betáplálásuk a hálózatba. Leállításuk, illetve újra indításuk időigényes, költséges folyamat.

A legnagyobb haza széntüzelésű erőmű a lignit lelőhelyeink kiaknázására épült. A telepek kimerülésével üzemeltetése csak átalakítás utána a drága import kőszénnel vagy pakurával/fűtőolajjal lehetséges.

Vízereőműveink is az alap erőműveink közé tartoznak, azonban termelő képességük a jelenlegi igényekhez, illetve a többi erőműhöz képest nem jelentős.

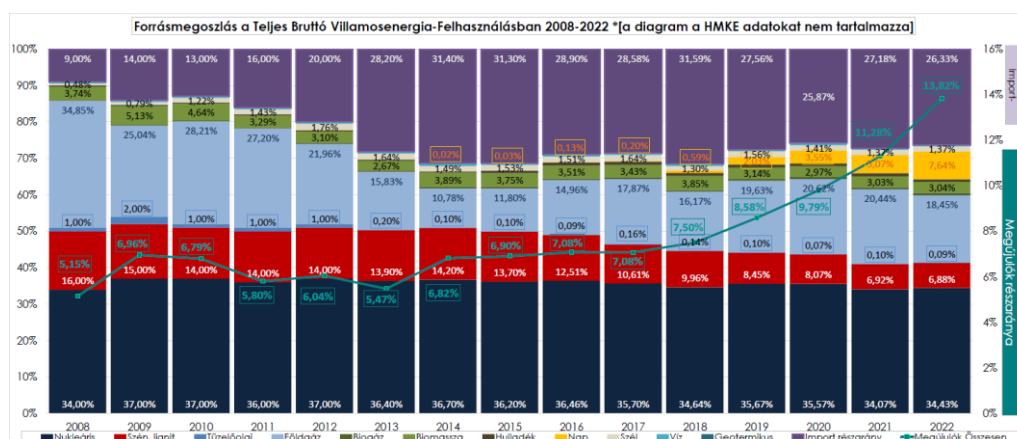


5. ábra: Magyarország erőművei [19]

Gáz-tüzelésű erőműveink a menetrendtartást és a rendszer szabályozási tartalékát képezik (5. ábra). Ezekkel igazítható a termelés a fogyasztás ingadozásához, mivel viszonylag gyorsan indíthatóak, hálózatra kapcsolhatóak. Hátrányuk a jelen gazdasági helyzetben mutatkozik meg igazán: fűtőanyaguk biztosítására a hazai földgáz kitermelés nem elegendő, az import hozzáférhetősége bizonytalan és drága.

A vízerőműveken túl további megújuló energiaforrásokat hasznosító erőművek épültek az elmúlt 20 évben: szélereőművek, biogáz-motoros erőművek, nap-erőművek. Ezek közül a szél- és naperőművek energiatermelő képessége alapvetően függ az időjárástól, nehezen menetredezhető. Ennek ellensúlyozására jogi szabályozással igyekeznek tervezhetőbbé tenni a termelésüket, de ennek – érthető módon – még nem elég jelentős az eredményessége. Az állami beruházás-támogatási rendszernek köszönhetően azonban mára komoly energiaelosztási problémákat okoz a hektikusságuk és összes beépített termelő kapacitás volumene.

Az igényeknek megfelelő villamos áram mennyiség kiszolgálására folyamatosan, változó mértékben importra szorulunk.



6. ábra: Bruttó villamosenergia felhasználás [20]

Európai villamos hálózati elosztó rendszerben több helyen próbálkoztak a villamos energia „tárolásával” már az 1970-es évektől: vízerőmű – tározó – szivattyútelep rendszereket létesítettek. (6. ábra) Ezekben a túlermelési időszakok „feleslegben termelt” villamos áramával szivattyútelepeket hajtottak meg, amelyekkel vizet emeltek fel magasan fekvő víztározókba, majd a magasabb fogyasztási igényű időszakokban turbinákon keresztül engedték le a vizet – és nyerték vissza az eltárolt villamosenergiát.

A fosszilis energiahordozók kimerülésének közeledtével jól modellezi a várható jövőt a jelenlegi energia válság. A fosszilis energiahordozók az ipar számára is egyre nélkülözhetetlenebbé válnak, mint vegyipari alapanyagok. Az égéstermék környezetre gyakorolt hatása miatti egyre erőteljesebb társadalmi elutasítása a hagyományos erőműveknek, és a drága nyersanyagok rossz hatásfokú felhasználásának gazdasági következményei miatt egyre nagyobb teret kapnak az alternatív energiaforrások kutatásai. Az ITER-hez hasonló léptékű kutatási-beruházási projektek futnak Japánban és Észak-Amerikában is. A hidrogén-cella autóiipari fejlesztéséből pedig a kisebb közösségeket, településeket ellátni képes állandó telepek fejlesztése kezd teret hódítani.

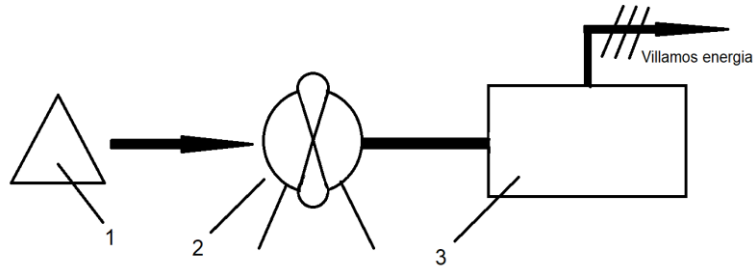
3. Energiatermelés

Napjainkban a villamos energia közvetlenül hozzátartozik a mindennapi életünkhöz. Ennek a számunkra „korlátlan” erőforrásnak a meglétét már nem is értékeljük, csak annak a hiányát, vagy esetleges üzemzavari problémáit észleljük. A természetben nem létezik villamos energia az általunk felhasználható formában. Azért, hogy ez hozzánk, a fogyasztóhoz, megfelelő formában eljusson, az emberek a történelem során különböző energia termelési módszereket fedeztek fel. Azt a létesítményt, ahol ez a folyamat lejátsszódik erőműnek nevezzük. Az erőművekben természeti erőforrások felhasználásával állítanak elő villamos energiát. Ilyen erőforrások például: a szél mozgási energiája, a vízfolyások helyzeti energiája, a tüzelőanyagok elégetése és egyes atommagok hasítása vagy egyesítése. Az egész folyamat legfontosabb része a termelés és a fogyasztás egyensúlyának a folyamatos fenntartása, mivel a villamos energia nehezen tárolható.

3.1 Az energia átalakításának a folyamata

A villamos energia országos méretű felhasználása miatt a termelés és szolgáltatás jellemzőinek egységekké kell lenniük. Ezért világszerte az általánosan elfogadott háromfázisú váltakozó

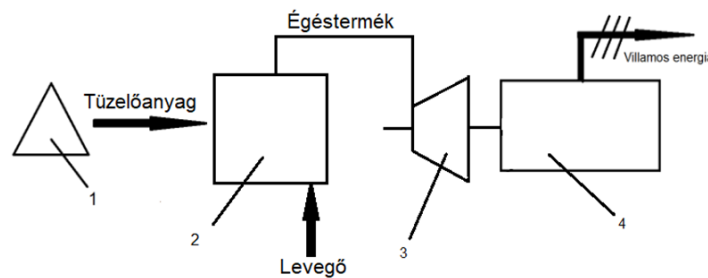
áram szolgáltatja az energiát otthonunkban, melynek a frekvenciája Magyarországon 50 Hz, holott más nemzeteknél 60 Hz is lehet. A háromfázisú váltakozó áram előállítására a generátor szolgál, mely mechanikai energiát alakít át villamos energiává. Ez a gép szerkezetileg két fő részből épül fel: az állórészből (sztátor) és a forgórészből (rotor). A forgórész forgatásakor az állórészben feszültség indukálódik.



7. ábra:

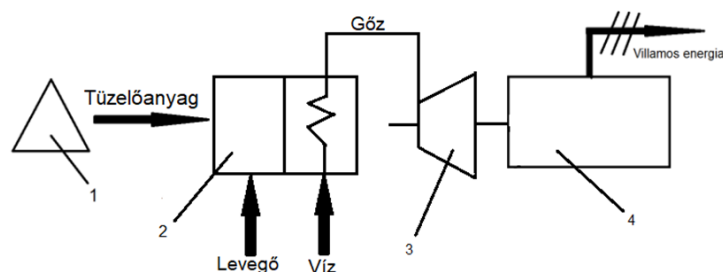
1. természeti erőforrás (pl. szél, vízfolyás), 2. erőgép (pl. szélkerék, vízturbina), 3. villamos generátor [21]

A villamos energia előállításának a legegyszerűbb módja (7. ábra), amikor az erőgép a természeti erőforrások mozgási vagy helyzeti energiáját a generátor tengelyén elvezethető mechanikai energiává alakítja át.



8. ábra: 1.természeti erőforrás 2.tüzelőberendezés 3. hőerőgép 4. villamos generátor [22]

Egy bonyolultabb energiaátalakítási folyamat az, amikor a természeti erőforrásokat hővé alakítjuk át és ezt a hőt egy, a villamos generátorhoz csatlakoztatott, turbinába vezetjük át (8. ábra). A tüzelőanyag az égés során a levegőben lévő oxigénnel kémiai reakcióba lép, majd hő szabadul fel. A felszabaduló hő az égés során létrejött gázokat melegíti fel, melyek később a hőerőgépbe jutnak. Az ilyen esetekben a villamos generátort hajtó hőerőgép belső égésű motor vagy gázturbina.



9. ábra: 1. természeti erőforrás 2.tüzelőberendezés 3. hőerőgép 4. villamos generátor [23]

Az előzőhöz hasonló, azonban részben eltérő megoldás az, hogy a felszabaduló hőt magas nyomású vízgőz létrehozásához használják fel (9. ábra). Ezt a gőzt alakítja át a hőerőgép, amely

lehet dugattyús gőzgép vagy gőzturbina, mechanikai munkává. Ezt a munkát a generátor fel tudja használni villamos áram termelésére. A három megoldás közül ez a módszer a legelterjedtebb.

3.2 Gőzkazánok

A gőzkazánokban elégetett tüzelőanyag által termelt hő a fűtőfelületeken keresztül gőzt termel. Fűtőfelület alatt értünk, minden olyan cső külső felületét, amelyben víz, gőz vagy égési levegő áramlik. A fűtőfelületek nagyságát, illetve elhelyezkedését a gőztermelés három fő szakaszának (vízhevítés, túlhevítés, elgőzölögtetés) hőigénye és a hőátadás formája dönti el. A vízhevítéshez használt csöveket elegendő csak a forró égéstermékek áramlásának az útvonalába helyezni. A túlhevítést igénylő fűtőfelületek részben a tűztér felett, részben a kilépő füstgázok útjában találhatóak. A legtöbb hőt igénylő fázis az elgőzölögtetés. Itt a hőt átvevő csövek közvetlen a tűzteret veszik körül, hiszen itt keletkezik a legtöbb hő.

3.3 Gőzturbina

A gőzkazánban létrehozott gőz egy szigetelt, nagy nyomású vezetéken keresztül jut a gőzturbinába, melynek a tengelye a villamos generátort hajtja meg. A gőzturbinában a hő két lépésben alakul át mechanikai munkává. Először a turbina álló részében lévő fűvókákban a gőz hőtartalma az áramló gőz mozgási energiájává alakul át. Másodjára pedig az áramló gáz átadja az energiáját a gőzturbina forgó részén lévő lapátoknak. Ennek köszönhetően a gőzturbina tengelye forgásba lép. A turbinába belépő gőz mennyiségét szabályozni kell, hiszen csak annyi áramot termelhet a generátor, amennyit a fogyasztók elhasználnak.

3.4 Gázturbina

A gázturbina működését három fő egység szolgáltatja: a kompresszor, az égéstér és az égőkamra. A kompresszor feladata, hogy a környezetben lévő levegőt megfelelő nyomásra sűrítse össze. Ezt követően a kompresszor által összenyomott és felmelegített levegő az égéstérbe érkezik, ahol a tüzelőanyag (általában tüzelőolaj vagy földgáz) égését segíti. Fontos, az égéstermékek tisztasága, hiszen ezek közvetlenül a gázturbinába jutnak. A gőzturbinához hasonlóan alakul át a forró gázok hője mechanikai munkává. Azonban a megtermelt energia több mint felét a kompresszor nyeli el, hiszen a beindítás utáni meghajtását a turbina tengelye biztosítja.

3.5 Kombinált körfolyamatú erőművek

A gázturbinából távozó gázok felhasználásuk után is még jelentős hőmérséklettel rendelkeznek (kb. 500°C). Abból a célból, hogy ez ne vesszen el, a gázokat hőhasznosító kazánba vezetik, ahol a gőzkazánhoz hasonlóan, fűtőfelületeken keresztül vizet és gőzt melegítenek fel. A vízgőz energiáját gőzturbinába vezetve hasznosítják. Ezzel a módszerrel két fázisban, kevesebb veszteséggel tudunk áramot termelni. [4]

4. Atomenergia

4.1 Atomenergia múltja

Hosszú út vezetett a ma ismert atomerőművekig. Az első komoly előrelépés Ernest Rutherford-tól származik 1919-ből. Ő valósította meg az atommag mesterséges átalakítását. Ezután a három legfontosabb név Enrico Fermi, Szilárd Leó és Wigner Jenő volt. 1941 júliusában végrehajtották az első tájékozódó kísérletet. Ezután 1942-ben megvalósították az első atommáglyát Chicago-ban. [5] Az első atomreaktor beüzemelésére 1952-ben került sor az Egyesült Államokban, Arco városa mellett, de az első lakossági energiatermelésre alkalmas

erőmű csak 1954-ben az orosz Obnyinszk városában jött létre.[6] Az atomenergiát először az 1960-as évektől kezdték el felhasználni ipari célokra.

Ma már (2013-as adat) ~2000-4000 amerikai dollárba kerül egy reaktor telepítése kW-onként. A három legelterjedtebb reaktor a PWR (nyomottvizes), BWR (forralóvizes) és a nehézvizes reaktor. Ma már a III+ generációs reaktoroknál tartunk melyeknél a zónasérülés várható valószínűsége 10^{-6} / év. [7]. Ennek ellenére a történelemben előfordult két nagy atombaleset (Csernobil és Fukusima) miatt sokan kételkedve fogadják az újonnan épülő reaktorokat. Viszont, ha megnézzük a károsanyag kibocsátását egy atomerőműnek nem tapasztalunk kiemelkedő értékeket.

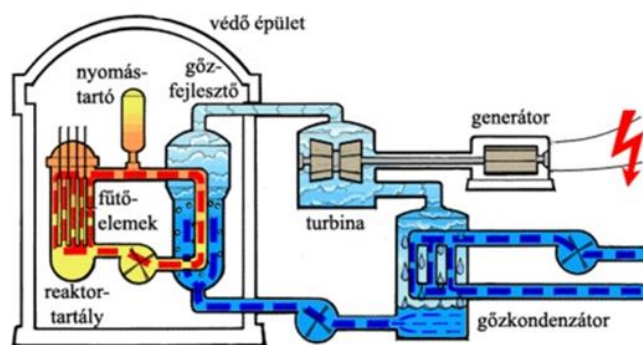
4.2 Főbb reaktortípusok bemutatása

A reaktorokat felhasználásuk szerint tudjuk osztályozni. Ezek a következők: kísérleti reaktor, kutatóreaktor, oktatóreaktor, zéró teljesítményű reaktorok, hasadóanyag-termelő reaktorok és energiatermelő reaktorok. [6] Mi ebből a felsorolásból az utolsót fogjuk bemutatni, azon belül is a fentebb említett három típust, illetve egy 4. generációs reaktort.

A könnyűvizes reaktoroknak a két típusa a PWR és a BWR reaktor, amelyeknél a moderátor anyag "normál" víz. A nehézvizes reaktoroknak három típusát különböztetjük meg, ebből mi a CANDU-t (kanadai deutérium-uránium nyomott nehézvizes reaktor) fogjuk alaposabban megvizsgálni.

4.3 PWR (Pressurized Water Reactor)

Mint említett, ez a reaktor típus moderátor anyagként vizet használ, ami egyben a hűtőközege is. Ennek a reaktor típusnak az üzemanyaga az alacsony dúsítású urán. Két körre osztható, ezek a primer és szekunder kör. A primer körben a felszabaduló hő egy hőcserélő adja át a szekunder körre víznek, amely térben külön helyezkedik el. Ez a víz felforr és gőz formájában jut a turbinákhoz, majd a turbina után visszajut a gőz körfolyamatba.

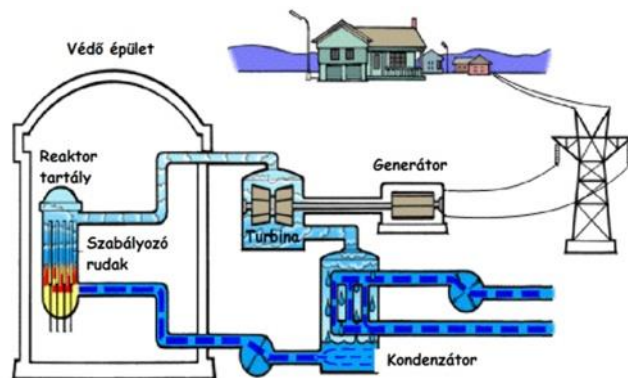


10. ábra: PWR reaktor [24]

A primer körben a vizet nagy nyomáson tartják, amely általában 12,3 MPa, míg a szekunder körben ez kisebb, csupán 4,3MPa. [8] A nagy primer oldali nyomás miatt a víz még ~300 °C körül sem forr fel. A nyomáskülönbség miatt a víz a szekunder körben felforr, ami miatt gőz keletkezik és ez kis- és nagynyomású turbinákhoz kerül (10. ábra). Miután a gőz elhagyja a turbinát a kondenzátorba kerül, ahol lecsapódik, ezzel a hűtővizet melegítve. A primer és szekunder kör is zárt, így a primer körből radioaktív anyag nem tud kikerülni és így a környezetbe sem tud kerülni.

4.4 BWR (Boiling Water Reactor)

Ennél a reaktornál is a hűtőközeg könnyűvíz, viszont a PWR-rel szemben ez a reaktor csak egykörös. A hűtőközeg ~10-20%-a elforr és leválasztás után a turbinákhoz kerül. [8]

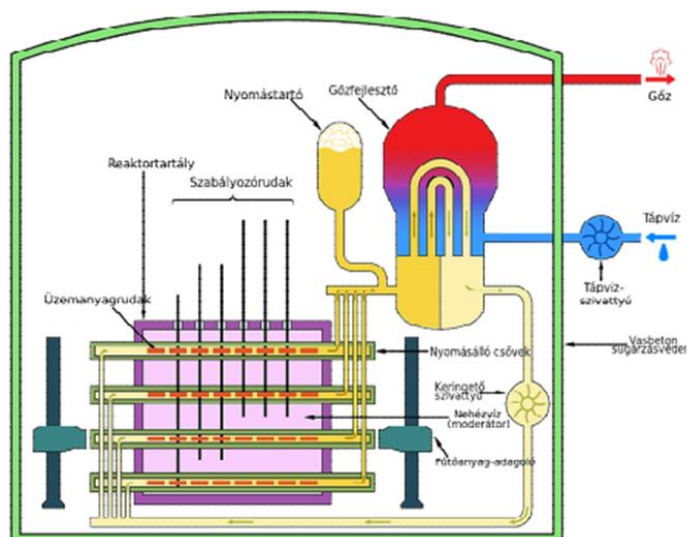


11. ábra: BWR reaktor [25]

Nagy hátránya ennek a típusnak, hogy a hűtővíz enyhén radioaktív és így a turbinák is enyhén szennyezettek lesznek. Továbbá az is érdekes ennél a reaktornál, hogy a szabályozó rudak lentől kerülnek a zónába, míg a többi reaktor típusnál szükség szerint ezek fentről gravitációval esnek bele (11. ábra).

4.5 CANDU (Canadian Deuterium Uranium)

A nevéből adódóan ezt a típust Kanada fejlesztette ki. Ennek a típusnak a hűtőközege könnyűvíz, viszont a moderátora nehézvíz. A fűtőanyag itt is enyhén dúsított urán (~2%) vagy akár természetes urán is. Nagy előnyük, hogy az üzemanyagot a reaktor leállítása nélkül is lehet cserélni a kialakítás miatt. A fűtőanyagok külön, nagy nyomásálló csövekben helyezkednek el, így külön-külön is fel lehet nyitni őket. Ezek a csövek egy nagy tartályon mennek keresztül, amely nehézvizet tartalmaz (12. ábra).

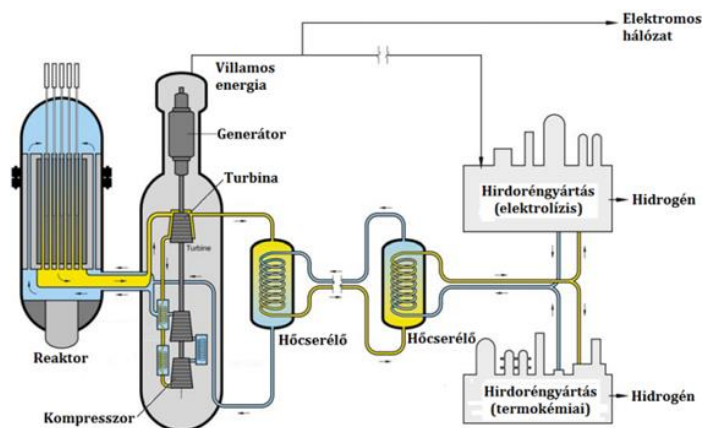


12. ábra: CANDU reaktor [26]

Mivel a reaktort nem kell leállítani az üzemanyagcella cseréléshez, mint a többi típusnál, ezért akár 3-4 hét üzemidővel tovább működnek évente. [8]

4.6 VHTR (Very High Temperature Reactor)

Ez a típusú reaktor jelenleg csak tervezés alatt áll melyet Oroszország és Kína fejleszt. Ez egy negyedik generációs reaktor, amely egy grafit moderátoros, de hélium hűtésű reaktor (13. ábra). A nagyon magas hőmérséklet jelen esetben 1000 °C-ot jelent. Az üzemanyaga lehet hagyományos uránium kazetta, melyet a fentebb említett típusoknál használnak, vagy lehetnek TRISO gömbök.



13. ábra: VHTR reaktor [27]

Ezek a gömbök urán- és tórium-dioxidból állhatnak, melyeket pirolitikus szénrel és szilícium-karbiddal vesznek körbe több rétegben. Ezek a gömbök lassan keresztül haladnak az aktív zónán és abból ki érkezve feldolgozhatóak. A magas hőmérséklet a termokémiai hidrogén gyártáshoz ideális, amely az egyik fő célkitűzés.

4.7 Paksi Atomerőmű

Külön szeretnénk kitérni a paksi atomerőműre, ugyanis a téma mellé érdemes megemlíteni hazánk legnagyobb energia előállítóját. Az erőmű építése először 1969-ben kezdődött meg majd több éves szünetet követően az 1970-es évek közepén újra indult, és az 1. blokk 1982-es üzembe állása óta oszlopos tagja a magyar energiatermelésnek. Több, mint 2000 MW-os villamos összteljesítménnyel bír, amelyet 4 db nyomottvízes reaktor blokk hoz létre. [9] Jelen esetben a fűtőanyag U^{235} , amelynél egy hasadás után 32 pJ energia szabadul fel. [8] A reaktor felépítése ugyanaz, mint a többi PWR reaktorok esetében, viszont itt a kondenzátorba kerülő hűtővizet a Duna szolgáltatja. Pakson mind a négy blokk II. generációs, viszont a 2000-es évektől kezdve több biztonság- és teljesítménynövelő fejlesztésen estek át.

5. Különleges energiaforrások

5.1 Napenergia

5.1.1 Napenergia múltja

Naprendszerünk legnagyobb energiaforrása, a Nap, melynek belsejében magfúziós folyamat zajlik, ennek melléktermékeként napsugárzás keletkezik, ami közvetlenül vagy közvetve összefügg a Bolygónkon felhasznált energiával. Valamennyi általunk ismert szerves organizmus élete függ a Naptól, vagyis csillagunk a földi élet egyik alapfeltétele. Az archaikus civilizációk mindegyike hasznosította a napfény energiáját, ami többek között az építési technikáikban érhető tetten: képesek voltak a Naptól származó hőenergiát eltárolni estére. Időmérésre és tűzgyújtásra is felhasználták a napenergiát. A következő jelentős áttörésig egészen a XIX. századig kellett várni: Alexandre Edmond Becquerel 1839-ben fölfedezte a

fotoelektromos jelenséget, ami megnyitotta a napenergiára épülő villamosenergia-termelés felé vezető utat, bár az első napelem jóval később, 1885-ben került bemutatásra, ami Charles Fritts nevéhez fűződik. A találmány egy olyan szeléntábla, amit áttetsző, vékony aranyfilmmel vontak be, ami a Becquerel-hatást hasznosítva villamosenergiát állított elő. A koncepció szépséghibája, hogy a felhasznált anyagok drágák, mellesleg a szelén modulok gyorsan veszítenek teljesítményükből. Eme hátrányok, valamint a két világháború miatt háttérbe szorultak a napelemek, ezért csak az 1950-es években foglalkoztak újra ezzel az innovatív technológiával. A fő problémát a roppant alacsony hatásfok jelentette, amin szilíciumalapú, átlátszó műanyaggal bevont napelemekkel javítottak. 1954. április 25-én mutatta be Bell napelemeit, amelyek már nagyban hasonlítanak a napjainkban alkalmazottokhoz. [12]

5.1.2 Napenergia-felhasználás csoportosítása

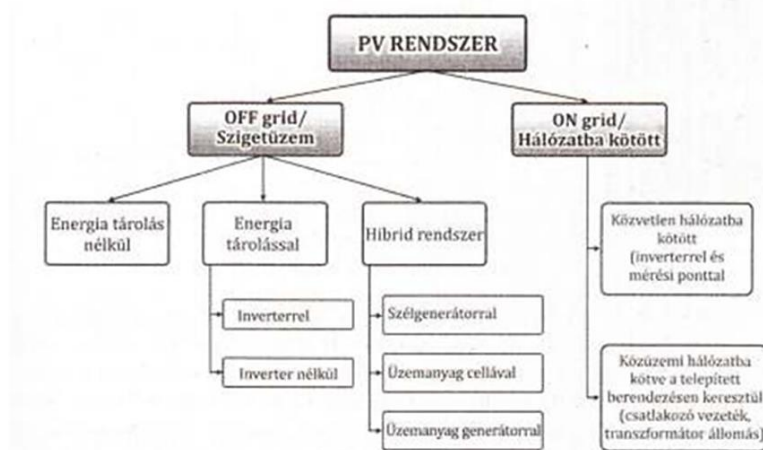
A napenergia-felhasználást passzív és aktív csoportokra bontjuk: passzív, ha periféria nélkül hasznosítjuk, vagyis tudatos tervezéssel, megfelelő építőanyagok felhasználásával csapdába ejtjük a napfényből származó hőt, és aktív, ha egy hőhordozó közeg közvetett módon továbbítja a hőt a felhasználási helyre, vagy a hőhordozó közegben olyan folyamat zajlik le, ami átalakítja más fizikai mennyiséggé a napenergiát (pl.: villamosenergia). Vagyis az üvegházak előbbi, míg a napkollektorok, napelemek utóbbi kategóriába tartoznak. [10]

5.1.3 Napkollektor

A napkollektorok begyűjtik a napenergiát, melyet egy úgynevezett hőhordozó közegnek (folyadéknak, levegőnek) adnak át, mely közegáramlás útján jut el a felhasználási helyre, vagyis kizárólag hőenergiát közvetít. A napkollektor egy alfaja a szolártároló, ami összegyűjti, és felhasználásig tárolja a hőenergiát. [10]

5.1.4 Napelem

A napelem cellák egyensúlyban lévő, pozitív és negatív töltésű részt tartalmazó diódákból állnak, melyek fényhatás nélkül egyensúlyi állapotban vannak, azaz a pozitív (p) és negatív (n) töltés közötti átmenetnél nem keletkezik feszültség. A napsugárzás következtében a dióda pozitív töltésű fele pozitív, míg negatív töltésű fele negatív feszültséget kap, melynek következtében a pn-átmenetnél fotoelektromos feszültség jön létre, alkatrészenként 0,4–0,5 V erősséggel. A diódák napelem cellákat alkotnak, melyek modulokban kerülnek forgalmazásra és sorba kötve alkotják a napelemeket. Megkülönböztetünk hálózatba kötött üzemű és szigetüzemű napelemeket, amelyek főbb feladatai és tulajdonságai az alábbi képről leolvashatók (14. ábra):



14. ábra: Napelemrendszer [28]

A napenergia csupán 0,1 %-át teszi ki a világ villamosenergia-termelésének. [11] Ám mivel előállításuk és telepítésük költséges, valamint relatíve alacsony hatásfokokkal üzemelnek, ezért joggal merül fel a kérdés, hogy mennyi idő alatt térül meg egy ilyen befektetés. A megtérülési idő jellemzően 8-10 év. Bár a költségek szignifikánsan csökkentek: 1960-ban wattként ezer (mai árfolyamon tízezer) dollárba került a villamosenergia előállítása (napenergia által), míg napjainkban egy 3kW méretű, magyar háztartási erőmű közelítőleg 2 millió forintból (4697 dollár) kiépíthető. [10] Világviszonylatban a legdinamikusabban fejlődő megújuló energiaforrás, melynek következtében a naperőművek beépített összes névleges teljesítménye 2013-ra globálisan elérte a 130 000 MW-ot.

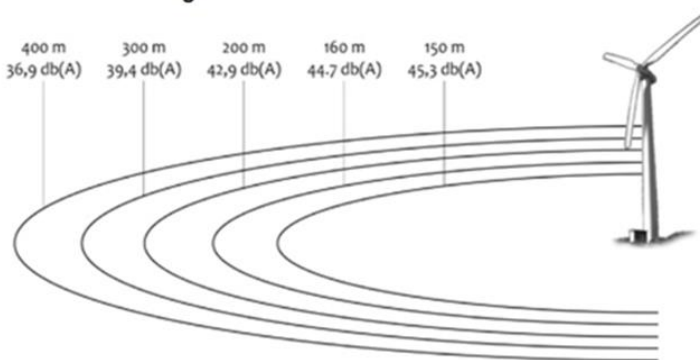
5.2 Szélenergia

5.2.1 Szélenergia múltja

A szél a napsugárzás erősségének következtében kialakuló hőmérséklet-különbség kapcsán bekövetkező légmozgás eredménye. [10] Eme légmozgást már az ókorban is hasznosították vitorláshajók formájában. [13] Időszámításunk előtt 200-ból, Perzsia területéről származnak a legrégebbi leletek, amelyek bizonyítják, hogy szélmalomokat használtak mezőgazdasági termelés céljából. A szélenergiát a XIX. század második felében kezdték el villamosenergia-termelésre használni, de csupán egy évszázaddal később terjedt el. Amerikában 1941-ben, Európában 1963-ban helyezték üzembe az első 1 MW teljesítményt meghaladó szélenergia-erőművet. [10] Dániában az 1970-es évek közepéig lokális szinten használták a szélenergia-erőműveket, de továbbfejlesztették a technológiát az olajválságnak köszönhetően. [14]

5.2.2 Szélturbina

A szélenergia alkalmazása során lehetőség nyílik a különböző sebességgel áramló levegő mozgási energiájának felhasználására. Az áramló légtömeg sebességének köbével arányos a szélenergia-erőművek által megtermelt energia. Napjaink szélenergia-erőművei 1,8–4 m/s és 9–11 m/s szélsebesség között kezdenek el villamosenergiát termelni. 25 m/s szélsebesség felett leállnak. A mérsékelt szélterületek, kiszámíthatatlan légmozgások, illetve az energia forrása és felhasználása közötti racionális távolság, valamint a zajterhelés bizonyos korlátokat szab a szélturbinák elterjedésének. [10]



15. ábra: Szélerőmű telepítés [28]

A szélerőművek élővilágra, kiváltképp a madárvilág egyedszámára gyakorolt negatív hatása sem elhanyagolható, továbbá vegyes megítélésű a tájképre gyakorolt hatásuk is (15. ábra). [14] A keletkező hulladékok újrahasznosítása még megoldatlan.

6. táblázat: Szélturbinák csoportosítása [29]

Szélturbinák méret szerinti csoportosítása			
Méret	teljesítmény	felhasználás	
Kicsi különálló turbina	<10kW	fűtésre, akkumulátor töltésre	lokális nem hálózatra kötött
közepes és nagyméretű	több 1000kW		csoportosan szélparkokban

Egy szélturbina átlagos élettartama 30 év, megtérülési ideje 7-22 év, továbbá a szélerőművet alkotó anyagok jelentékeny része a szélturbina életciklusát követően újrahasznosítható. [10] A szélturbina alkalmazásával 260–570 g/kWh CO₂ és 0,26–0,57 g/kWh NO_x-kibocsátás megtakarítás érhető el, viszont egy 2 MW teljesítményű szélerőmű legyártása, felállítása, üzembe helyezése, működtetése és lebontása során annyi üvegházhatású gáz kerül kibocsátásra, mint az erőmű által nyolc hónap alatt megtakarított károsanyag-kibocsátás. [10] A szélenergia ma még kevesebb, mint 0,2%-át teszi ki a villamosenergia-termelésnek, de ez az egyik leggyorsabb ütemben terjedő termelési technológia. Az energiatermelés költségei, ugyancsak világszerte, nemrég még 20-30%-kal magasabbak voltak a konvencionális szén-, vagy gáz alapú termeléshez viszonyítva. [11]

5.3 Vízügy

5.3.1 Vízügy múltja

A víz energiájának hasznosítása a napenergia közvetett felhasználása. A planetánk felszínén fellelhető víz napsugárzás hatására nyer helyzeti energiát, melynek jelentős részét elveszíti a kicsapódást és földre hullást követően. A vízben tárolt, megmaradó energia mértéke attól függ, hogy a kicsapódott víz milyen tengerszint feletti magasságban ér földet. A víz tengerszint felé való közeledése során elveszíti helyzeti energiáját a mederhez, valamint a többi víz részecskéivel való súrlódása miatt, amely során hőenergia keletkezik. A napsugárzásnak köszönhetően a víz permanens körforgásban van, és energiakészlete folyamatosan megújul. [10] Már az ókorban kiaknázták a vízügy eme előnyös tulajdonságait: vízikerekek segítségével mezőgazdasági termelés céljából alkalmazták az ókori Kelet nagy civilizációi. [10] A második ipari forradalom idején jöttek rá arra, hogy mekkora potenciál rejlik a vízben a villamosenergia-termelés aspektusából. 1882-ben helyezték üzembe a világ első

villamosenergiát előállító vízerőművét, amely Wisconsin államban, az Amerikai Egyesült Államokban állt. [14]

5.3.2 Vízerőmű

Azon része a vízben rejlő helyzeti energiának, mely felszabadítható a mederellenállás megszüntetésével, az hasznosítható villamosenergia-termelésre. A vízmélység növelésével és a vízsebesség csökkentésével redukálható a mederellenállás. A szükséges vízmélységet völgyzáró gátak vagy duzzasztóművek építésével lehet elérni, míg a vízsebesség csökkenthető az eredeti medernél kedvezőbb hidraulikai és meredekségű tulajdonságokkal bíró csatorna kialakításával. Mindezekkel megtakarítható és hasznosítható a sűrűlódási energia 60–70 százaléka. [10] Bolygónk elméleti vízenergia-készlete 48 230 TWh, de ennek csupán töredéke műszakilag hasznosítható (ennek nagysága 16 000–20 000 TWh közötti). A világon üzemszerűen működő vízerőművek (közelítőleg 11000) által megtermelt villamosenergia-mennyiség 3000 TWh, vagyis a jelenlegi technológiák birtokában hasznosítható mennyiség elenyésző részét aknázzuk ki. [10] A vízerőműveket technológiájuk és teljesítményük szerint csoportosítjuk.

5.3.3 Vízerőművek technológiájuk szerint csoportosítva

A vízerőműveket három alaptípusba soroljuk. Az első csoportba a folyóvízi erőművek tartoznak, melyek a víz természetes lefolyását hasznosítva termelnek energiát. A fentiekben leírtaknak megfelelően, a vízsebesség csökkentésével növelhető eme típus hatékonysága. A második csoportba sorolandók a mesterségesen, gátak segítségével kialakított vízerőművek, amelyek tározó(k)ban lévő víz leeresztésével termelnek villamosenergiát. [10] A második csoport altípusai az alábbi táblázatban kerülnek részletezésre:

2. táblázat: Második típusú erőművek [30]

Másodiktípusú erőművek fajtái			
kis esésű erőművek	$H \leq 15 \text{ m}$	folyóvizek síkvidéki szakaszán építhetők, ahol a medret duzzasztógáttal zárják el	nem folyamatos energiatermelés
nagyesésű erőművek	$H > 50 \text{ m}$	vízfolyások hegyvidéki szakaszán telepíthetők, a víz összegyűjtését völgyzárógáttal végzi	Az erőmű nagy vízmennyiséget tárol, ugyanakkor viszonylag kis vízhozamot hasznosít

Az utolsó csoportot a szivattyús energiatározó erőművek képviselik, melyek a leeresztett víz visszapumpálását hasznosítva tárolják a villamosenergiát. Napjaink leghatékonyabb energiatároló rendszerei a szivattyús energiatározó erőművek. Eme technológia - eltérően a korábbiakban ismertettektől - fő feladata, ahogy a neve is utal rá, az energia-raktározás, és nem a hálózatra való termelés, vagyis a vízerőművek harmadik típusa áthidalja a villamosenergia-termelés és -felhasználás közti időbeli eltérést. [10]

5.3.4 Vízerőművek kategorizálása teljesítmény szerint

A vízerőműveket teljesítményük szerint négy kategóriába osztjuk. 100 kW teljesítmény alatt törpe, 100 kW-nál nagyobb, de 10 MW-nál kisebb teljesítményű erőmű esetén kis, 10-100 MW között közepes, 100–1000 MW között nagy, míg felette óriás teljesítményű erőműről beszélünk. A kis és közepes vízerőművek úgynevezett alaperőműként funkcionálnak, azaz elsődlegesen regionális villamosenergia-igények kiszolgálását biztosítják. A nagy erőművek alap- és csúcserőműként is működhetnek, vagyis biztosítható velük a permanens, egyenletes termelés, vagy a csúcs-időszakokban kielégíthetik a megemelkedett villamosenergia-igényt is. [10]

5.3.5 Vízerművek osztályozása

Üzemszerű szennyezőanyag kibocsátása elhanyagolható, azonban a létesítéssel járó környezet-átalakítás, a tározó létesítés általában jelentős ökológiai károkat, illetve átalakulásokat okoz.

3. táblázat: Vízierőművek osztályozása [30]

Kategória	Teljesítmény	Típus	Energiafelhasználás jellege	Beruházási költség
Kisléptékű	< 10 MW	folyóvízi	alaperőmű	2-4 millió USD/MW
Közepes	10-100 MW	víztározói	alaperőmű	2-3 millió USD/MW
Nagy	> 100 MW	víztározói	alap- és csúcserőmű	<3 millió USD/MW

További kockázati tényező a vízerművek létesítésekor, hogy a gátak víztartó képességét folyamatosan ellenőrizni, karbantartani kell. A tározóban tárolt energia mindig hatással van a megépített műtárgyakra is. A víztartó képesség esetleges gyors csökkenése (gát-szakadás) katasztrófát jelenthet mind az természeti, mind az épített emberi környezetre nézve

Hátrány: 2008-ban megnyitott, Jangce folyón található Három-szurdok-gát a maga 22 500 MW névleges teljesítményével a világ legnagyobb erőműve. A gát megépítésével 90–100 métert emelkedett a folyó víz-szintje, mely 13 500 falut, 1,3 millió ember lakhelyét, számos veszélyeztetett növény és állat élőhelyét öntötte el.

4. táblázat
Magyarország vízenergiája [30]

	Kiaknázható villamos teljesítmény MW	Kiaknázott villamos teljesítmény MW	Hasznosítás aránya %
Duna	707	2	0,3
Tisza	99	40	40
Dráva	88	0	0
Egyéb	95	14	14,7
Összesen	989	56	5,6

A vízenergia fenntartható hasznosítása érdekében a vízerművek tervezése és kivitelezése során figyelemmel kell lenni mind a környezeti, mind a szociális, mind a gazdasági tényezőkre.[10]

5.3.6 Bioenergia

A bioenergia, ideértve annak hagyományos (tűzifa, terméshulladék stb.) és az ipari jellegű (bioüzemanyag) formáját, együttesen 11%-át adja a világ energiatermelésének. Ezek az energiaformák természetesen mind széntartalmúak. Ezért, a szén-dioxid kibocsátás szempontjából csak akkor tekinthetők semlegesnek, a kibocsátást nem növelőnek, ha az e célra telepített energia-ültetvények legalább annyi széndioxidot elnyelnek, mint amennyi ezen anyagok elégetésekor a levegőbe kerül. (Nem ismert, hogy a fenti 11%-ból mennyi az energetikai céllal ültetett, CO₂-semleges források részaránya.) A bioenergia mennyisége is növekedhet, ám ennek határt szab a földterületek más irányú, a világ nagy részén még a növekvő népesség élelmiszerének megtermelésére koncentráló kihasználtsága. További korlát lehet a rendelkezésre álló víz mennyisége, mely egyre több térségben okoz gondot. A bioüzemanyag egyszer a közlekedés energia-igényének jelentős hányadát képes lehet kiváltani, de ehhez még jelentősen növelni kell a termelés mennyiségét és a konverzió hatékonyságát. [11]

A geotermikus energia, amely elsősorban hasznos hőt és gőzt biztosít egyes helyeken, de elektromosságot is termel bizonyos pontokon, összességében a világ energiatermelésének kevesebb, mint 0.1%-át szolgáltatja. Ahol bőségesen van a felszín alatt forró víz és gőz (pl. Izlandon), ott a költségek versenyképesek a fosszilis energiaforrásokéval. Ám az ilyen helyek száma kevés a világon, ezért a geotermikus energia kihasználása akkor fokozódhat a mai szint sokszorosára, ha sikerül technikai és gazdasági értelemben megoldani a nagy mélységek energiájának felszínre hozatalát. [11]

Már a múlt század közepén, 1958-ban beindították az első geotermikus energiával működő erőművet Új-Zélandon. [14]

Összegzés

Cikkünkben a célunk, az energiatermelés bemutatása volt adott példákkal az energiaválság háttérében. Áttekintettük az energiafelhasználást országos szinten, valamint világviszonylatban, és kitekintést tettünk a jövő energiája felé. Végig vettük az energiatermelés lehetséges fajtáit, és ezután bemutattuk a tényleges termelés lehetséges irányait. Megismerkedtünk az atomenergia és a megújuló energiaforrások felhasználhatóságával, továbbá ezek gyakorlati alkalmazásával.

Összeségében megállapíthatjuk, hogy a múlt évszázadban az energetikában megjelent forradalmi újítások hosszú távon lehetővé tehetik a konvencionális termelési technológiáktól való függetlenedést. Képesek lehetnek szavatolni a fejlett államok diverzifikált villamosenergia-ellátását, továbbá csökkentik az emberiség károsanyag-kibocsátását. Elegendő műszaki ismeret áll az emberiség rendelkezésére ahhoz, hogy fenntarthatóbb energia-ellátása legyen. Optimizmusra ad okot, hogy az energia termelő és tároló technológiák folyamatos innovációk sorozatán keresztül végeláthatatlan fejlődésen mennek keresztül napjainkban is.

Hivatkozások

- [1] Molnár Ferenc, Jövők Energiája, Biztonságtudományi szemle 2. évf. 4. sz., 2020.
- [2] Molnár Ferenc, Jövők Energiája, Biztonságtudományi szemle 2. évf. 4. sz., 2020.
- [3] Molnár Ferenc, A hazai villamosenergia-ellátás biztonsága a fenntarthatóság tükrében, a karbonmentes források térnyerésének kérdései, Biztonságtudományi Doktori Iskola, Budapest 2022. június
- [4] Kováts, Imre. "Erőművek és erőműrendszerek." Iskolakultúra 3.21-22 (1993): 175-190.
- [5] Fizika Szemle 67. évfolyam 11. szám, 2017. december
- [6] Barina Balázs, Atomerőművek fejlődése a generációváltások tükrében, Hadmérnök 17. évfolyam (2022) 2. szám 99–112.
- [7] Fizika Szemle, 63. évfolyam 4. szám, 2013. április
- [8] Radnóti Katalin, Király Márton, Az atomenergiáról egyszerűen: az atomerőművek működése, típusaik és jövőjük, Nukleon 8. évfolyam 177, 2015. április
- [9] Molnár Ferenc, Jövők Energiája, Biztonságtudományi szemle 2. évf. 4. sz., 2020.
- [10] Haffner Tamás, A megújuló energiaforrások alkalmazása a villamosenergia- és hőtermelésre I. Napenergia, Szélenergia, Vízenergia
- [11] Mika János, Kertész Ádám, Hagyományos és megújuló energiaforrások: kihívások és tendenciák, EDU 4. évfolyam, 2. szám

- [12] Tóth Anett, Voith Katalin, Napelem múltja, jelene és jövője, Multidiszciplináris tudományok, 9. kötet, (2019) 4 sz.pp. 221-228
- [13] Dietrich Lohrmann, "Von der östlichen zur westlichen Windmühle", Archiv für Kulturgeschichte, Vol. 77, Issue 1 (1995), pp.1–30 (10f.)
- [14] Szabó Zita, Sallay Ágnes, Az energiatermelés tájtörténeti szempontú áttekintése, Tájökológiai Lapok 18 (1): 45-64. (2020)
- [15] Molnár Ferenc, Jövők Energiája, Biztonságtudományi szemle 2. évf. 4. sz., 2020.
- [16] Molnár Ferenc, A hazai villamosenergia-ellátás biztonsága a fenntarthatóság tükrében, a karbonmentes források térnyerésének kérdései, Biztonságtudományi Doktori Iskola, Budapest 2022. június
- [17] Molnár Ferenc, Jövők Energiája, Biztonságtudományi szemle 2. évf. 4. sz., 2020.
- [18] Molnár Ferenc, Jövők Energiája, Biztonságtudományi szemle 2. évf. 4. sz., 2020.
- [19] MAVIR Bruttó Energia Termelés Priemer forrás szerint_2008_20220930-ig_HU
- [20] MAVIR Bruttó Energia Termelés Priemer forrás szerint_2008_20220930-ig_HU
- [21] Kováts, Imre. "Erőművek és erőműrendszerek." Iskolakultúra 3.21-22 (1993): 175-190.
- [22] Kováts, Imre. "Erőművek és erőműrendszerek." Iskolakultúra 3.21-22 (1993): 175-190.
- [23] Kováts, Imre. "Erőművek és erőműrendszerek." Iskolakultúra 3.21-22 (1993): 175-190.
- [24] Radnóti Katalin, Király Márton, Az atomenergiáról egyszerűen: az atomerőművek működése, típusaik és jövőjük, Nukleon 8. évfolyam 177, 2015. április
- [25] Radnóti Katalin, Király Márton, Az atomenergiáról egyszerűen: az atomerőművek működése, típusaik és jövőjük, Nukleon 8. évfolyam 177, 2015. április
- [26] Radnóti Katalin, Király Márton, Az atomenergiáról egyszerűen: az atomerőművek működése, típusaik és jövőjük, Nukleon 8. évfolyam 177, 2015. április
- [27] Radnóti Katalin, Király Márton, Az atomenergiáról egyszerűen: az atomerőművek működése, típusaik és jövőjük, Nukleon 8. évfolyam 177, 2015. április
- [28] Haffner Tamás, A megújuló energiaforrások alkalmazása a villamosenergia- és hőtermelésre I. Napenergia, Szélenergia, Vízenergia
- [29] Lukács Gergely Sándor (2010): Megújuló energiák könyve
- [30] Haffner Tamás, A megújuló energiaforrások alkalmazása a villamosenergia- és hőtermelésre I. Napenergia, Szélenergia, Vízenergia

Fodor Benedek, Kelemen Györk, Perjéssy Bálint, Romanoczki Attila, Dr. Pálfi Judith: Kocsmatúra tervező

Óbudai Egyetem, Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar, 1034 Budapest, Bécsi út 96/B

fbeni0306@gmail.com, kelemengyork@gmail.com, perjessy0balint@gmail.com, romi.attila@gmail.com

Absztrakt: Fiatalok és idősebbek egyaránt szeretik kiélvezni az éjszakai élet bővítő élvezeteit. Azonban sokan ütköznek abba a problémába, hogy nem tudják, a számos lehetőség közül melyik szórakozóhelyet válasszák. Ezzel az applikációval választható paraméterek alapján találhatjuk meg a legmegfelelőbb kocsmákat, pubokat vagy kocsmatúra útvonalakat.

1. Desztináció

Elsősorban Budapest és környékének feltérképezése a célunk. Fontos az itt élők, a turisták és a várost kevésbé ismerő emberek megsegítése, hogy szabadidejüket ne kelljen felesleges tervezgetéssel tölteniük, szórakozás helyett.

Applikációnk természetesen magyar és angol nyelven is elérhető.

2. Paraméterek az applikációban

A kocsmatúra tervezőnk három paraméter alapján képes szűrni a preferenciáknak megfelelő szórakozóhelyek között: ár, távolság, minőség

2.1 Ár

Ez a paraméter 3 kategóriába lett felosztva. Az alkalmazás csak a kiválasztott kategóriának megfelelő kocsmákat jeleníti meg. Az áradatokat a Google Maps-en feltüntetett értékek alapján összegezzük, átlagos fogyasztás mellett.

ár kategória	jele az applikációban
olcsó	\$
közepesen drága	\$\$
drága	\$\$\$

2.2 Távolság

Az alkalmazás térkép funkciója QWANT MAPS alapon fut, mely a Google térképéhez hasonlóan GPS követési funkcióval rendelkezik és ez alapján tudja megjeleníteni a közelünkben lévő kocsmákat, pubokat.

Az app útvonaltervezője a felhasználó helyzetétől kiszámítja a környező kocsmákhoz vezető útvonalat.

A felhasználó preferenciái és közlekedési módja alapján kiválasztható az utazási idő, ami lehet 15, 30, 45 vagy 60 perc.

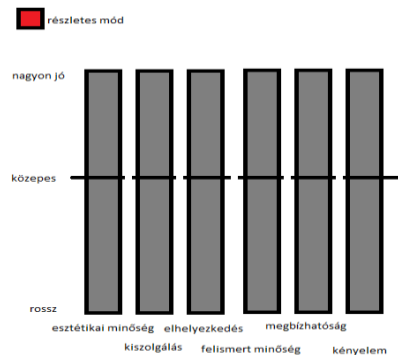
Ezután az app a legmegfelelőbb távolságra lévő kocsmához tervezi meg az útvonalat.

2.3 Minőség

Egy vendéglátó egység minőségét meghatározhatjuk pl.: alapvető funkciók, vendégszeretet, elegancia alapján.

Az appon belül értékelhetjük az adott helyet különböző szempontok alapján, melyeket más felhasználók figyelembe vehetnek majd a választásuk során.

Az egyszerű funkció a kocsmá összesített eredményét mutatja, a részletes funkcióban láthatjuk bontott formában is a hely értékelését. (lásd:1.ábra)



1.ábra

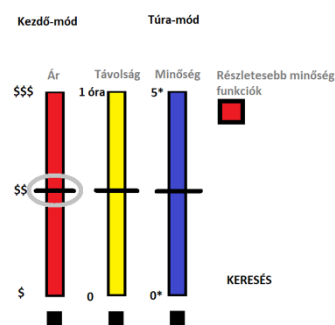
Kezdetben az értékelések nem lesznek elérhetőek, mivel azt az applikációt használók hozzák létre.

3. Funkciók

Az 2. ábrán látható karok beállításával adhatja meg a felhasználó, hogy mit szeretne priorizálni az ideális kocsmá megtalálásához.

A „Részletesebb minőség funkciók” jelölőnégyzetre kattintva alaposabb kritériumokat lehet meghatározni a kereséshez.

A keresési paraméterek számát a funkciók alatti jelöléssel lehet szabályozni.



2.ábra

3.1 Keresési eredmények

Az alkalmazás hibüzenettel jelzi, ha nem található a keresésnek megfelelő kocsmá.

Ha a keresés eredményes, az applikáció megnyitja a térképet, ahol kiválaszthatjuk a leginkább tetsző kocsmát, és ezután az applikáció a térképen keresztül megjeleníti az útvonalat.

3.2 Tervezői módok

Kezdő-módban a végcél egyetlen kedvező kocsmá megtalálása.

Túra-módban előre lehet tervezni egy olyan útvonalat, amiben tetszőleges számú vendéglátó egységet lehet beiktatni a megadott paraméterek szerint.

Az app egy ajánlott leggyorsabb útvonalat hoz létre, de ez személyre szabható a sorrend változtatásával.

4. Adatok tárolása

Az adatokat az applikáción belül küldi el interneten egy szerverre, ami a cég tulajdonában van. Itt tárolja és összesíti a felhasználóktól származó értékeléseket a kocsmákról.

Összefoglalás

A kocsmatúra tervező egyszerű megoldást kíván nyújtani a mulatozni vágyóknak a legmegfelelőbb kocsmá megtalálásához.

Az ár, minőség és távolság paraméterek alapján, néhány másodperc alatt megtudhatjuk hová érdemes mennünk. Továbbá lehetőségünk nyílik a helyek értékelésére, hogy segítsük a tökéletes kocsmá megtalálását mások számára is.

Referenciák

<https://blog.containerize.com/2022/02/08/top-5-open-source-google-maps-alternatives-in-2022/>

<https://github.com/Qwant/qwantmaps>

http://www.szervez.uni-miskolc.hu/blaci/minmen/minsg_8_dimenzija.html

Váci Márton Csaba, Istók Róbert: ACCC (Aluminum Conductor Composite Core) sodronyok alkalmazása

Váci Márton Csaba, Istók Róbert

Óbudai Egyetem, Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar, Villamosenergetikai Tanszék (Msc hallgató) 1034. Budapest, Bécsi út 96/A. vaci.marton@gmail.com

Óbudai Egyetem, Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar, Villamosenergetikai Tanszék 1034. Budapest, Bécsi út 96/A. istok.robort@kvk.uni-obuda.hu

Absztrakt: Tanulmányomban az ACCC-sodrony tulajdonságait, felhasználási lehetőségeit vizsgálom. A kiépített távvezetékrendszer kapacitásának növelése érdekében a régi hagyományos pl.: ACSR, ACAL, AACSR sodronyokat cseréljük speciális, könnyebb, magas hőmérsékleten üzemelő vezetékekre.

Dolgozatomban bemutatok néhány olyan tesztet, amelyek alátámasztják azt, miért is érdemes ACCC-sodronyokat felhasználni a nagyobb keresztmetszetű, hagyományos ACSR-sodronyok helyett.

Kulcsszavak: ACCC; ACSR; HTLS; kapacitás bővítés; sodrony; távvezeték.

1. Bevezetés

Az elmúlt 10-15 évben, - ha figyelembe vesszük a jelenlegi gazdasági helyzetet is - előtérbe kerültek a megújuló energiaforrások. Egyre több háztartásban jelennek meg a napelemes rendszerek, mindemellett a vállalkozások napelemparkjainak, naperőműveinek kiépítése továbbra is folyamatosan növekszik. Összehasonlításképpen egy háztartási méretű kiserőmű, melynek teljesítménye 50 kVA, – ami még nem hatósági engedélyköteles – elfér egy nagyobb családi házon fizikailag sokkal kisebb, mint a Paksi Atomerőmű közelében található 20,6 MW teljesítményű MVM paksi naperőmű. Látható a számottevő különbség a paksi naperőmű 400-szor nagyobb teljesítményű, mint egy családi házon kiépíthető napelemes rendszerénél.

A naperőművekben megtermelt energiát szállítani, elosztani, továbbítani kell. Itt meg kell jegyeznünk, azt, hogy Magyarországon rengeteg olyan távvezeték van használatban, amelyek még a régi szabványokkal épültek. Az 1973 előtt létesített távvezetékek 40°C-os sodronykiosztással lettek kiépítve. Ez azt jelenti, hogy a sodronyok (pl.: ACSR) belógása ehhez a hőmérséklethez lett beállítva. A jelenlegi szabvány meg 80°C-os tartós üzemű működést engedélyez. Megemlíteném, hogy az újonnan épülő, meglévő és bővítés alatt álló nagy ipari parkoknak is megnövekedett az energiaigényük, melyek szintén hozzájárulnak ahhoz, hogy a sodronyok/fázisvezetők a legnagyobb kiterheltséggel tudjanak üzemelni. Mint ahogy korábban már említettem, a régi szabványnak köszönhetően ezt csak bizonyos fokig lehet kihasználni a fázisvezetősodronyok folyamatos kontrollja mellett.

2. A sodronyok kapacitásának növelése

A jelenleg maximálisan kihasznált hagyományos sodronyok kapacitását, csak cserével lehet növelni. Tétélezzük fel, ha a jelenleg fentlévő sodrony fázisoként 800 A átvitelére képes, és 1300 A-t szeretnénk a meglévő távvezetéknyomvonalon szállítani, elosztani, akkor minimális lehetőségek állnak annak megvalósítására. Ezeket szeretném az alábbiakban kifejteni.

2.1 Zöld mezős beruházás

A meglévő, üzemelő távvezeték helyett új távvezeték nyomvonalat jelölünk ki és építünk egy teljesen új nyomvonalat, amely a jelenlegi szabványoknak megfelelő paraméterekkel rendelkezik. Ebben az esetben új alapok és oszlopok épülnek nagyobb terhelhetőségű sodronyokkal. Természetesen ennek megvannak az előnyei és a hátrányai is. Az előbbihez néhány példát említenék: Új alap speciális anyagokkal, amiktől időtállóbb lesz. Új oszloptípus, amely lehet akár kétrendszerű (lásd Budapest II. oszlop). Nagyobb keresztmetszetű sodronyok ACSR 500/65 mm². Mindezek ellenére hátrányként kell megjegyezni, hogy egy zöld beruházás sok feladattal jár, mint például engedélyeztetések, kivitelező kiválasztása, a nyomvonallal érintett terület tulajdonosainak kiértesítése. A legfontosabb tényező az idő, és nem utolsó sorban a költség, amely meghatározhatja a projekt megvalósulását.

2.2 Nagyobb keresztmetszetű ACSR sodrony alkalmazása

A használatban lévő, hagyományos ACSR, AACSR sodrony helyett hasonló felépítésű, nagyobb keresztmetszetű sodronyt alkalmazunk. Ilyenkor statikailag fel kell mérni a beépített oszlopokat és ellenőrizni kell, hogy a kívánt/tervezett sodronyt elbírák-e. Az oszlopoknál meg van határozva, hogy mekkora az a keresztmetszet és húzófeszültség, amit még elbírnak, valamint hosszútávon károsodás nélkül képesek megtartani, az adott időjárási viszonyok mellett elviselni. Ahhoz, hogy ezt meghatározzuk az oszlopokat egy statikai szoftverben (például PLS-TOWER) modelleznünk kell. A vizsgálat során le tudjuk ellenőrizni a beépítésre szánt sodronnyal az adott oszlopokat. Ha arra az eredményre jutunk, hogy az oszlopok statikailag nem megfelelőek, plusz elemek beépítésével meg kell erősíteni azokat. Természetesen ez is idővel és költséggel jár.

2.3 Magas hőmérsékletű, alacsony belógású sodrony alkalmazása

Ha a kapacitás bővítés tervezés kezdetekor figyelembe vesszük azt, hogy már vannak olyan speciális sodronyok, amelyek magas hőmérsékleten, kis belógással képesek üzemelni, érdemes megfontolni a HTLS (High Temperature Low Sag) sodronyok használatát[1]. Nagyobb áramterhelés esetén a melegedés hatására a sodronyok belógása megnő, viszont a magas hőmérsékleten üzemelő, alacsony belógású sodronyok kiküszöbölik. Ennek eredményeként a távvezeték képes lehet 1300 A átvitelére is akár 180°C-on. Meg kell jegyezni, hogy ez a speciális sodrony az oszlopokra nézve kisebb statikai terhet jelentene, ugyanis ebben az esetben nem szükséges a korábban említett megerősítés. Mindemellett a hagyományos sodronyokhoz képest a belógáson is tudnánk nyerni kb.: 1 m-et.

3. ACCC sodrony tulajdonságai

Az ACCC sodronyok jelenthetik vagy is inkább jelentik a jövőt. A központi szénszálak mag több tízezer, nagy szilárdságú, nagy modulusú egyirányú szénszálból áll, amelyeket üvegszál védőréteg vesz körül. A külső üvegszálak javítják a szívósságot és a rugalmasságot, miközben galvanikus gátat képeznek, hogy megakadályozzák a vezető alumínium szálak korrózióját [2][3].

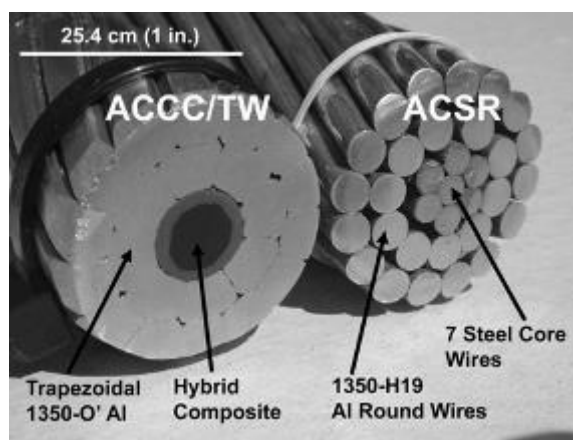


1. ábra ACCC sodrony felépítése [4]

Az **1. ábrán** látható az ACCC sodrony felépítése. Az egyes részek: **1.** Alumínium szálak; **2.** üvegszál és epoxi kompozit keveréke; **3.** Szén (carbon) szál

Az ACCC sodrony hibrid magja nem csak kétszer olyan erős, mint az acél, hanem 70%-kal könnyebb is. Ebben rejlik az a tulajdonsága, hogy a kapacitás növeléséhez nem kell keresztmetszetet növelni, sőt talán még kisebb keresztmetszetű, ezáltal könnyebb lesz az új ACCC sodrony, mint például egy régebbi, hagyományos 500/65 ACSR távvezeték. A könnyebb súly lehetővé teszi, hogy az ACCC sodrony –bármilyen méretű –~28%-kal több alumíniumot használjon fel súly- vagy átmérőnövekedés nélkül.

A kompakt trapéz szálak és a sima felületű kompozit mag együtt dolgoznak a szél által keltett vibráció eloszlata érdekében. Míg az alumínium szálak teljesen lágyítottak, a legmagasabb vezetőképességet biztosítva a ma elérhető összes alumíniumhoz képest, a kompozit mag körülbelül tízszer kisebb hőtágulási együtthatót kínál, mint az acél. Az alacsony hőtágulási együttható csökkenti a vezető megereszkedését nagy elektromos terhelés mellett.



2. ábra ACCC és ACSR sodrony összehasonlítása [5]

3.1 A hibrid kompozit mag

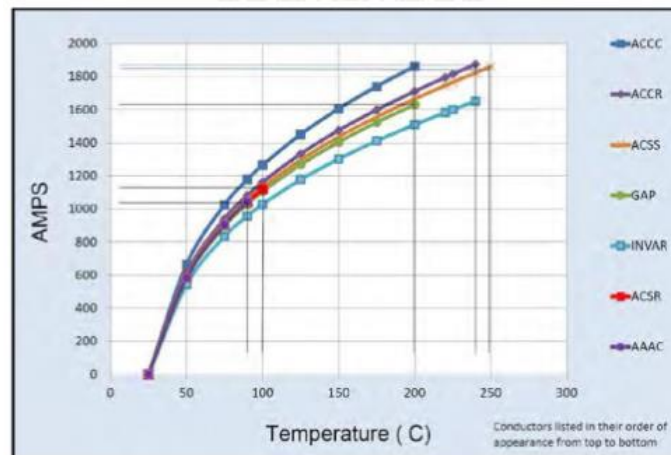
Az ACCC kompozit magja nagy szilárdságú szén- és üvegszálakból áll, amelyek edzett, hőre keményedő epoxigyanta mátrixba vannak beágyazva. A kompozit magot az úrrépülés minőségi előírásai szerint gyártják, folyamatos pultrúziós eljárással. A pultrúzió egy folyamatos eljárás, melynek során szálerősítő anyagokat hőre keményedő gyantával impregnálnak. Ezáltal egy kompozit anyag keletkezik, ami egyszerre stabil és könnyű.

Az ACCC sodronykompozit magja körülbelül hatszor jobb szilárdság/tömeg arányt kínál, mint az acél, és körülbelül tízszer kisebb a hőtágulási együtthatója. A kompozit mag ellenáll a korróziónak és a ciklikus terhelési kifáradásnak is. A CTC Global ACCC sodrony magjai jelenleg 310 és 375 ksi szakítószilárdság között mozog. A nagyobb szilárdságú változat – amelyet ULS-nek neveznek –magasabb modulust is kínál a hosszabb fesztávhoz és az extrém

jégterheléshez. Összehasonlításképpen, az extra nagy szilárdságú acél 285 ksi-re van besorolva, de körülbelül 70 százalékkal nehezebb, mint az ACCC szén-szálalás kompozit magja.

4. ACCC sodronyokkal kapcsolatos tesztek, kimutatások

Alapos teszteléseket követően az ACCC-sodrony 2005-ben került kereskedelmi forgalomba. Ez a speciális sodrony a legmagasabb áramerősséget a legalacsonyabb üzemi hőmérsékleten éri el a többi magas hőmérsékletre alkalmas sodronyhoz képest, amint azt az 3. ábra mutatja.

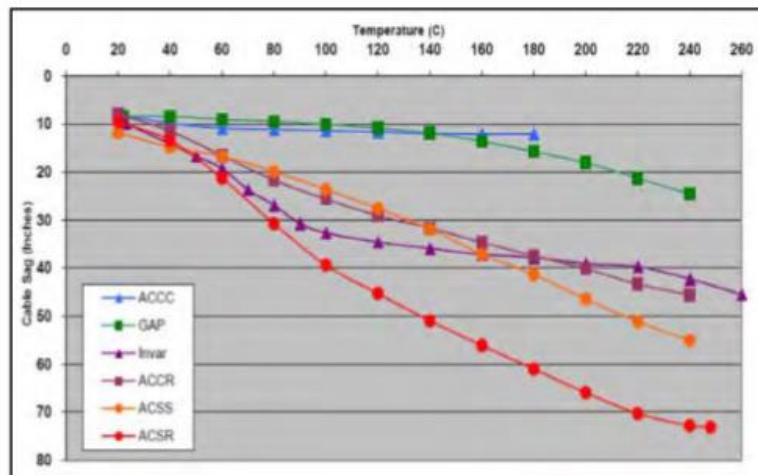


335. ábra Távvezeték sodrony összehasonlítás [4]

Az ábráról könnyen leolvasható, hogy a sodronyok maximális hőmérsékletéhez mekkora terhelő áramerő tartozik. Az ACCC-sodrony 200°C-on nagyobb áram átvitelére képes, mint más, akár 250°C-os hőmérsékleten üzemeltetett sodronyok.

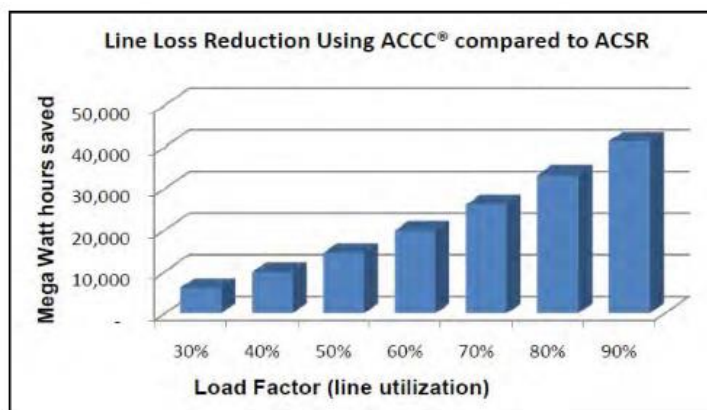
Az alacsonyabb üzemi hőmérséklet nagy terhelés mellett a hálózati veszteségek jelentős csökkenését tükrözi, ami redukálhatja a termelési követelményeket és költségeket. A számos pozitív mechanikai és fizikai tulajdonság vezetett ahhoz, hogy világszerte több, mint 500 projekt helyszínén több, mint 50 000 km ACCC-sodronyt felhasználó távvezeték épült sikeresen.

A vezető termikus megereszkedésének összehasonlítása (4. ábra) a Hydro One által a Kinectrics Lab-ban végzett vizsgálatokon alapult, ahol 1600 A-t vezettek át minden vezetőtípuson egy 65 méteres (215 láb) beltéri vizsgálati szakaszon. Megjegyzendő, hogy az ACCC-sodrony 60-80 °C-kal alacsonyabb hőmérsékleten működött, mint a többi vizsgált vezeték, azonos terhelési körülmények között.



4. ábra Belógás/hőmérséklet grafikon [6]

Míg a belógási különbségek könnyen észrevehetőek, figyelembe kell venni az ACCC-sodrony alacsonyabb üzemi hőmérsékletét azonos terhelési körülmények között, ami az I2*R vonalveszteségek további jelentős csökkenését eredményezi az alacsonyabb üzemi hőmérsékleten az alacsonyabb ellenállás miatt. Az ACCC-sodrony alkalmazásával jelentős energiamegtakarítás érhető el, amint azt a 5. ábra mutatja, ahol a vezetékveszteségeket a terhelési tényező függvényében értékelték 1,4 kA csúcsáram mellett egy 32 km-es (20 mérföldes) 230 kV-os háromfázisú áramkörben.



5. ábra ACCC vonalveszteség-csökkenés a terhelési tényező függvényében [4]

A 6. ábrán látható a DRAKE típusú ACCC sodrony adatlapja, mely a sodronnyal kapcsolatos információkat és adatokat tartalmazza metrikus és angolszász szabvány szerint. Pl.: a sodronyt felépítő elemek fizikai és mechanikai tulajdonságai.

DATA SHEET:		CTC GLOBAL			
ACCC® DRAKE					
ACCC® 520/71/281 (1026 kcmil)*					
For questions, please contact CTC Application Engineering Department: applicationsupport@ctcglobal.com					
Metric and US Units are considered separate					
Aluminum Specification		Metric		US Units	
Nominal Aluminum Cross-sectional Area***	519.7	mm ²	1025.6	kcmil	
Aluminum Conductivity/Type	63%	% IACS		1350-O	
Aluminum Nominal Weight**	1432.6	kg/km	962.8	lb/kft	
Coefficient of Thermal Expansion	23.0	x10 ⁻⁶ /°C	12.8	x10 ⁻⁶ /°F	
Aluminum Heat Capacity	1341.2	W-s/m-°C	227.1	W-s/ft-°F	
ACCC® Core Specification (CTC Part Number 200-007)		Metric		US Units	
Nominal Cross-sectional Area of Core	71.30	mm ²	0.1100	in ²	
Nominal Diameter of Composite Core	9.53	mm	0.375	in.	
Core Nominal Weight	133.0	kg/km	89.2	lb/kft	
Rated Strength of Core - 310 ksi (2137 MPa)	151.7	kN	34.1	kips	
Coefficient of Thermal Expansion	1.61	x10 ⁻⁶ /°C	0.894	x10 ⁻⁶ /°F	
Modulus of Elasticity	112.3	GPa	16.29	Msi	
Core Heat Capacity	108.1	W-s/m-°C	18.3	W-s/ft-°F	
ACCC® Conductor Specification		Metric		US Units	
Overall Diameter of Conductor ¹	28.14	mm	1.108	in.	
Nominal Cross-sectional Area of the Conductor	591.0	mm ²	0.916	in ²	
Ultimate Tensile Strength of Conductor ²	180.6	kN	40.6	kips	
Conductor Nominal Weight**	1565.6	kg/km	1052.0	lb/kft	
Coefficient of Linear Expansion Above Thermal Kneepoint	1.61	x10 ⁻⁶ /°C	0.894	x10 ⁻⁶ /°F	
Coefficient of Linear Expansion Below Thermal Kneepoint	18.3	x10 ⁻⁶ /°C	10.18	x10 ⁻⁶ /°F	
Final Modulus of Elasticity Above Thermal Kneepoint	112.3	GPa	16.29	Msi	
Final Modulus of Elasticity Below Thermal Kneepoint	61.2	GPa	8.9	Msi	
Maximum Allowable Operating Temperature at Surface ³	180	°C	356	°F	
Electrical Specification		Metric		US Units	
Nominal DC Resistivity at 20°C	0.0536	ohm/km	0.0863	ohm/mile	
Temperature Coefficient of Resistance	0.00404	/°C	0.00209	/°F	
Frequency	60	Hz	60	Hz	
AC Nominal Resistance at 25°C	0.0554	ohm/km	0.0892	ohm/mile	
AC Nominal Resistance at 75°C	0.0662	ohm/km	0.1065	ohm/mile	
AC Nominal Resistance at 180°C	0.0888	ohm/km	0.1428	ohm/mile	
AC Current Rating at Given Temperatures ⁴		1786	@ 180C & 60 Hz		
		1884	@ 200C & 60 Hz		
GMR (estimated)	11.46	mm	0.0376	ft.	
Inductive Reactance	0.247	ohm/km	0.3981	ohm/mile	
Capacitive Reactance	0.147	Mohm-km	0.0912	Mohm-mile	

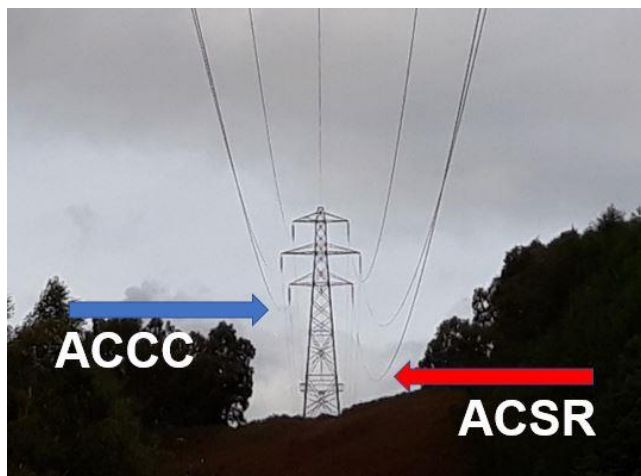
ACCC® is produced using 1350-O (fully annealed) aluminum.

6. ábra „DRAKE” típusú ACCC adatlapja [7]

5. Az ACCC sodronyok alkalmazása a való életben

Napjainkban Magyarországon egyre több távvezetéken figyelhető meg a címben is említett ACCC típusú sodrony, s ennek kiépítése a jövőben is folytatódik. Vannak olyan

szakaszok, részek, ahol az ACSR és az ACCC vezeték egymás mellett egy kétrendszerű távvezetéken fut. Mint ahogyan a 7. ábra is mutatja, a fentebb említett két sodronyfajta belógása között szembevető a különbség. Bal oldalon található az ACCC és jobb oldalon a hagyományos ACSR sodrony.



7. ábra ACCC és ACSR belógása

6. Összegzés

A fentiekben leírtak alapján látható, hogy mennyi előnnyel járhat, ha ACCC sodronyt alkalmazunk az adott távvezeték kapacitásának bővítésére. Így olyan előnyökhöz is juthatunk, mint pl. az új sodrony kisebb belógása, ami hozzájárulhat a védőtávolságok megnöveléséhez. A cikkben nem tértem ki tételesen a pénzügyi adatokra, ugyanis minden beruházás különböző.

Felhasznált irodalom

- [1] Jordi-Roger Riba, Santiago Bogarra, Álvaro Gómez-Pau, Manuel Moreno Eguilaz, Uprating of transmission lines by means of HTLS conductors for a sustainable growth: Challenges, opportunities, and research needs, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 134, 2020
- [2] Rashmi, G.S. Shivashankar, Poornima, Overview of different overhead transmission line conductors, *Materials Today: Proceedings*, Volume 4, Issue 10, 2017, Pages 11318-11324
- [3] Ujah CO, Kallon DVV, Aikhuele DO, Aigbodion VS. Advanced Composite Materials: A Panacea for Improved Electricity Transmission. *Applied Sciences*. 2022; 12(16):8291. <https://doi.org/10.3390/app12168291>
- [4] Engineering Transmission Lines with High Capacity Low Sag ACCC® Conductors CTC Global Corporation 2011 ISBN # 978-0-615-57959-7
- [5] Alawar, A. A., Bosze, E. J., & Nutt, S. R. (2007). High temperature strength and creep of an Al conductor with a hybrid composite core. In *ICCM International Conferences on Composite Materials*
- [6] Goel, A., Kamarudin, A., Pon, C. New High Temperature Low Sag Conductors, NATD Conference & Expo May 2005
- [7] https://s3.amazonaws.com/ctc-media/wp-content/uploads/20190729113110/ACCC-DRAKE_Data-Sheet.pdf

Bartók Gergely, Bíró Zoltán, Regéczy Bálint, Walter Norbert Gyula: Programozható logikai controllerrel kivitelezett irányítástechnikai műveletek

Bartók Gergely, Bíró Zoltán, Regéczy Bálint, Walter Norbert Gyula

Óbudai Egyetem, kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar, Bécsi út 96. /b, Budapest, 1034, HU

Absztrakt: A modern irányítástechnika szorgalmazza a PLC alkalmazását. A témánk ennek a gondolatmenetnek a feldolgozásáról szól. A régi huzalozott hálózat egyszerűsítésére szolgál a PLC és, nagy szerepet vállal az ipar gyors fejlődésében, ami a mi tanulmányaink során is fontos szempont. Egyre kevesebb emberi beavatkozást igénylő eljárásokat hoznak létre a modern gyártásban és, emiatt gyorsul a termelés, amit PLC-vel vezérelt/szabályozott rendszerek biztosítanak. A PLC rugalmasabb, egyszerűbb és gyorsabb gyártási műveletekhez segíti a cégeket. Ennek a cikknek az a célja hogy rávilágítson a PLC és a huzalozott vezérlések működésére és a kettő közti különbségekre. Továbbá az hogy mikor melyiket érdemes/célszerűbb használni, ha egy folyamatot szeretnénk vezérelni/szabályozni akár otthon akár az iparban.

Kulcsszavak: PLC, Relé, Vezérlés

1. Huzalozott (relés) vezérlések

1.1 Beavatkozó szerv:

- Feladata a rendelkezés/végrehajtás alapján a szabályozott jellemző közvetlen befolyásolása
- A szerv bemenő jele: a beavatkozó jel (x_b)
- A szerv kimenő jele: a módosított jellemző (x_m)
- Pl.:relé, kontaktor

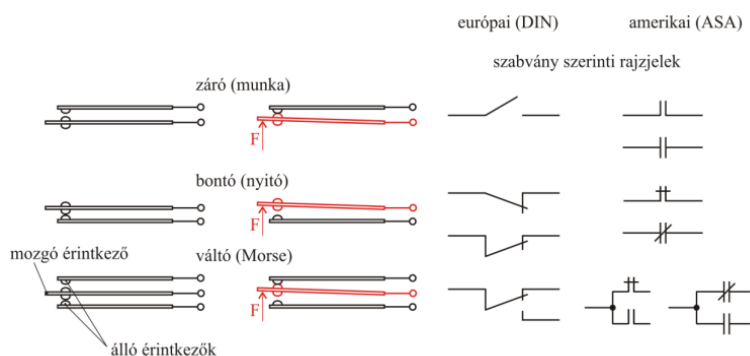
1.2 Vezérelt berendezés:

A folyamatban a munka folyamat elvégzése, a belépő anyagon munkát végezve, azt átalakítva kimenetén, mint kilépő anyag a folyamat végeredményéül egy termék előállítás

1.3 Relé:

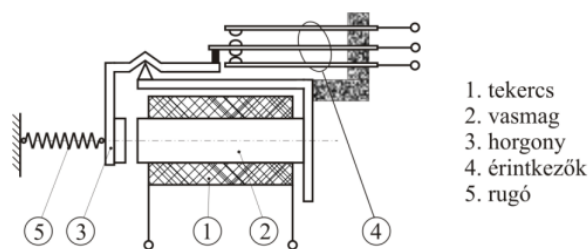
A relé egy olyan elektromechanikus eszköz, amelynek tekercsére feszültséget kapcsolva olyan mágneses tér keletkezik, mely képes az érintkezőit zárni, vagy nyitni.

Az érintkezők állása szerint, megkülönböztethetünk záró, bontó, váltó(Morse) reléket. Szabványos rajzjeles jelölései területileg eltérhetnek, ezeket az 1. ábra mutatja.



1. ábra
Relé érintkezői és rajzjelei[1]

Fizikai felépítését tekintve 5 fő alkotó részt különböztethetünk meg. Áll egy vasmagos tekercsből, amelyre, ha feszültséget kapcsolunk, a rajta átáramló áram mágneses teret kelt. Ez a mágneses tér elegendő ahhoz, hogy a horgonyt, elmozdítsa, amely mechanikailag össze van kötve a érintkezőkkel, így azokat képes nyitni vagy zárni. Nyugalmi állapotát a 2. ábra mutatja. [1]



2. ábra
Relé felépítése (nyugalmi állapotban)[1]

Tervrajzokban a relét mindig nyugalmi állapotában ábrázoljuk, azaz mindig feszültségmentes állapotban felvett helyzetét.

Az alapállapotban nyitott, az angol elnevezés után, „Normally Open” kifejezés rövidítéseként elterjedt az NO jelölés is. Ugyan ezen elv mentén az alaphelyzetben zárt „Normally Closed” kifejezés alapján az NC jelölés is. [1]

1.4 Relék általános jellemzői:

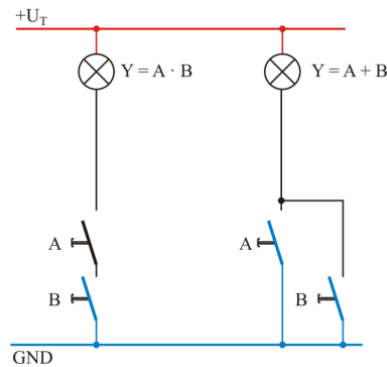
A reléket jellemezhetjük, több paraméterrel is, a teljesség igénye nélkül néhány főbb jellemző:

- Elektromágnes feszültsége:
 - AC: 5V, 12V, 24V, 5-32V, stb
 - DC: 12V, 24V, stb
 - kontaktor esetén pl.: AC 230V, 400V
- Maximális üzemi áram:
 - AC vagy DC pl.: 6A, 16A ...
- Átkapcsolási feszültség:
 - AC vagy DC pl.: 60V, 250V, 400V ...

- Érintkezők száma
- Érintkezők típusa : NO vagy NC , vagy ezek kombinációja

1.5 Logikai kapcsolások relékkel

- Relék soros és párhuzamos kapcsolásával huzalozott logikák is készíthetők. A megfelelő kapcsolás esetén a BOOL algebra műveletei: ÉS, VAGY, NEM előállíthatók relék által. Az ÉS és a VAGY műveletet a 4.ábra mutatja.



3.ábra

Az "ÉS" és a "VAGY" művelet érintkezők soros és párhuzamos kapcsolásával[1]

- Az erősáramú szakterületen bevett ábrázolási módszer az áramutas rajz. Ez egy függőleges orientációjú ábrázolási technika, amely fentről lefelé haladva mutatja milyen eszközökön keresztül jut el az elektromos áram a fogyasztókhoz.
- Ezt elforgatva , vízszintesen készített áramutas rajzként megkaphatjuk a „Létradiagramm” ábrázolási módszerét. Ez a rajz könnyen átültethető **PLC programmá**, amegyre a későbbiekben még visszatérünk. [1]

2. Programozható logikai vezérlések/szabályzások

A PLC-k intelligens ipari vezérlő rendszerek, amelyek lehetővé teszik, hogy ugyanazon berendezés (hardver), a betöltött programnak megfelelően akár több vezérlési feladatot is megvalósíthasson. Ez igen fontos szempont, ha arra gondolunk, hogy a jelenlegi piaci igények megkövetelik, hogy egy termék, vagy egy terméket előállító technológia rugalmas legyen, a vevői igényeknek megfelelően. Vagyis, ha egy termék előállítási technológiáján változtatni kell, ne kelljen feltétlenül új vezérlőt vásárolni, hanem elég csak a meglévő átprogramozása az új eljárásnak megfelelően. Ez az eljárás, a hagyományos huzalozott vezérlések esetén nem, vagy csak nagyon körülményesen oldható meg. Ezért a korszerű vezérlőrendszerek tervezői egyre inkább az egyre olcsóbbá váló PLC-eket alkalmazzák. A PLC egy mozaikszó, jelentése: Programozható Logikai Vezérlő (Programmable Logical Controller) [2]

2.1 PLC-k felépítése, használati módjuk:

Manapság a PLC-k rendkívüli fejlődésének köszönhetően sokféle felhasználási módjuk van, tulajdonképpen bármilyen vezérlési, illetve szabályozási folyamatra megfelelő választás lehet. Alapvetően két nagy csoportot különböztetünk meg:[2]

- **Kompakt felépítésű:**

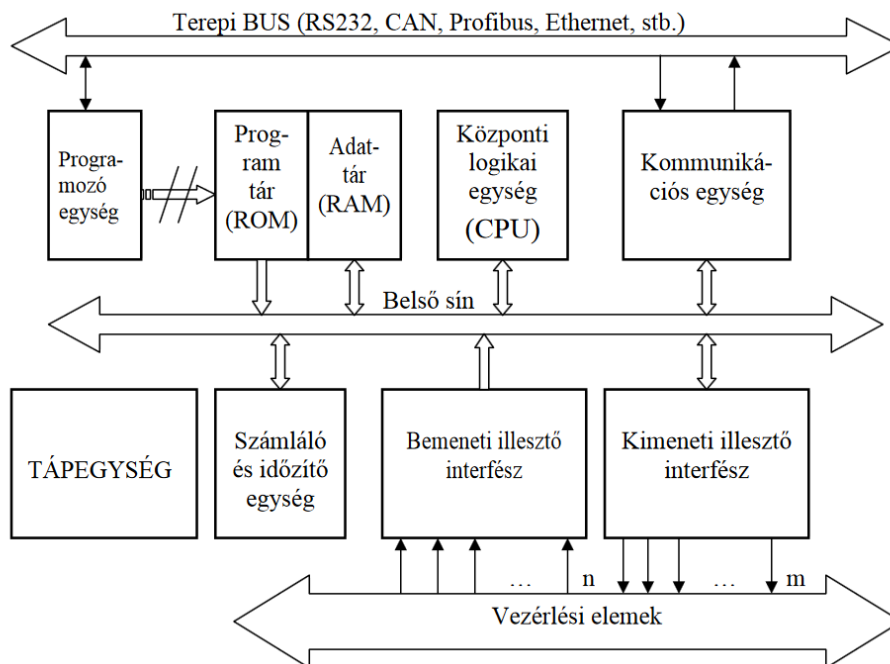
- A kompakt felépítésű PLC-ket elsősorban egyszerűbb vezérlési feladatok végzésére készítették. Előnyük a viszonylag kis méret, egyszerű programozhatóság. Hátrányuk, hogy bemeneti/kimeneti csatornáik száma és tulajdonságaik adottak, nem módosíthatóak. Ezért nagyon fontos még a tervezési szakaszban a megfelelő típus kiválasztása. [2]

- **Moduláris felépítésű:**

- A moduláris szerkezetű PLC-k funkcionális egységei önállóak, modulok formájában kapcsolhatók egymáshoz, így a célnak megfelelően bemeneti/kimeneti csatornáinak száma bármikor módosítható. Ipari gyártósorok, gyártócellák, ipari folyamatirányító rendszerek vezérlési feladataira fejlesztették ki. Olyan alkalmazásokban használatos, ahol sejteni lehet, hogy a jövőben fejlesztés fog végbe menni. Redundancia kialakítható velük, amennyiben egy részegység meghibásodik, a leállítás minimálisra csökkenthető. [2]

- **Egységeik:**

- Akár kompakt felépítésű, akár moduláris szerkezetű a PLC, funkcionális felépítése hasonló. Tulajdonképpen a PLC egy speciális felépítésű számítógép, ezért leginkább a sínrendszeres megoldás jellemző rá. Fontosabb egységei (1.1. ábra): - központi logikai egység CPU (Central Processor Unit) - memóriaegység: - programmemória (EPROM, EEPROM, FlashROM) - adatmemória (RAM) - bemeneti illesztő egység (Input Unit) - kimeneti illesztő egység (Output Unit) - kommunikációs egység - számláló és időzítő egység – tápegység (Power Supply Unit) [2]



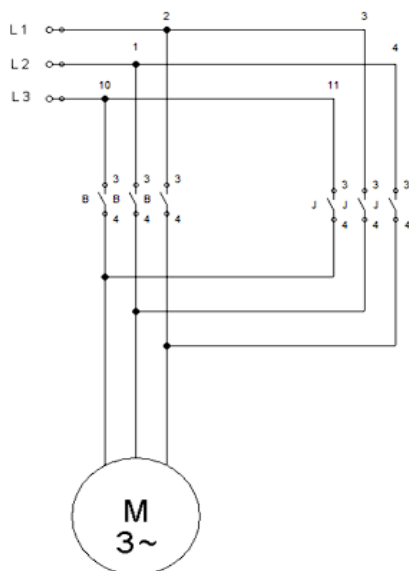
4.ábra PLC felépítés[2]

3. A PLC-k és a huzalozott vezérlések alkalmazása egyszerűbb kapcsolásokban

Az adott vezérlési feladat megtervezésekor fontos lépés a PLC típusának és paramétereinek megválasztása. Abból kell kiindulnunk, hogy hány darab, milyen típusú bemeneti, illetve kimeneti vezérlési elemeket kell alkalmazniuk. Figyelembe kell vegyünk, hogy kapcsolódik-e a vezérlésünk más vezérlésekhez, vagy folyamatirányító rendszerhez. Olyan helyeken, ahol az alkalmazott technológia gyakran módosul, olyan PLC-t célszerű választani, amelynél a felhasználói program cseréje, nem okoz jelentősebb leállást. Ezen kívül fontos szempont lehet még, a biztonságos (üzembiztos) működés, ahol pedig szükséges a redundancia megvalósítása a 100%-os rendelkezésre állás érdekében. A PLC kiválasztása után a rendelkezésre álló vezérlési dokumentációk és tervek alapján készíthető el a PLC programspecifikációja, programterve, valamint a vezérlési program. A továbbiakban egy egyszerű példán keresztül szeretném bemutatni a PLC alkalmazásával kapcsolatos lépéseket, a tervezéstől egészen a felhasználói program elkészítéséig. A meglehetősen egyszerű vezérlési feladat egy háromfázisú aszinkronmotor működtetésének és túláramvédelmének PLC-s vezérlése. A most következő feladatokból az is kiderül, hogy milyen egyszerűen lehet a vezérlést megváltoztatni, a huzalozott vezérléssel szemben és az alkalmazásai előnye és hátránya.

3.1 Forgásirány váltó kapcsolás

Az első példában egy háromfázisú motor forgásirány váltására veszünk két példát az egyik huzalozott a másik PLC-vel történő vezérléssel mutatja meg ennek a működését. Továbbá a most bemutatott motor indítását motor indításával nem foglalkozunk (azt következő példa mutatja be). A motor bekötése a mindkettő esetben ugyan az ezért csak a vezérlésekben lesz különbség.



3 fázisú motor forgásirány
változtató kapcsolásának
bekötése

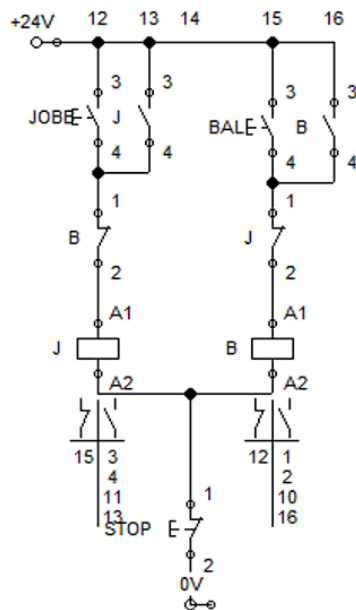
Kelléket a kapcsolás megvalósításához:

- 3 fázisú hálózat
- 2 mágneskapcsoló (itt csak az érintkezőik vannak ábrázolva)
- 1 Háromfázisú villamosmotor

5.ábra 3 fázisú motorforgásirány változtató kapcsolásának bekötése [3]

A 3 fázisú motoroknál a forgás irány megváltoztatása úgy történik, hogy a bemenetein a 3 fázisból 2-t felcserélünk és ennek hatására meg változik a forgásiránya. Ezen példa esetében kapcsolás részében nem de, a vezérlés megvalósításál ügyelni kell arra, hogy a motor mozgás közben ne tudjon forgásirányt változtatni mivel a motor működését erősen károsítja ha menet közben történne meg a forgás irány változtatás.

3.1.1 Relés kapcsolás:

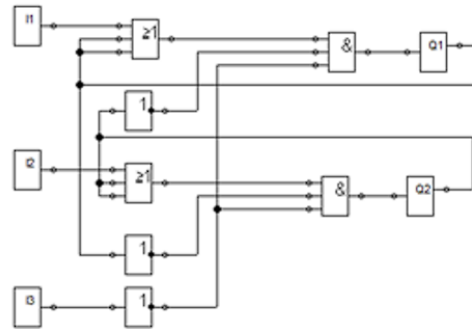
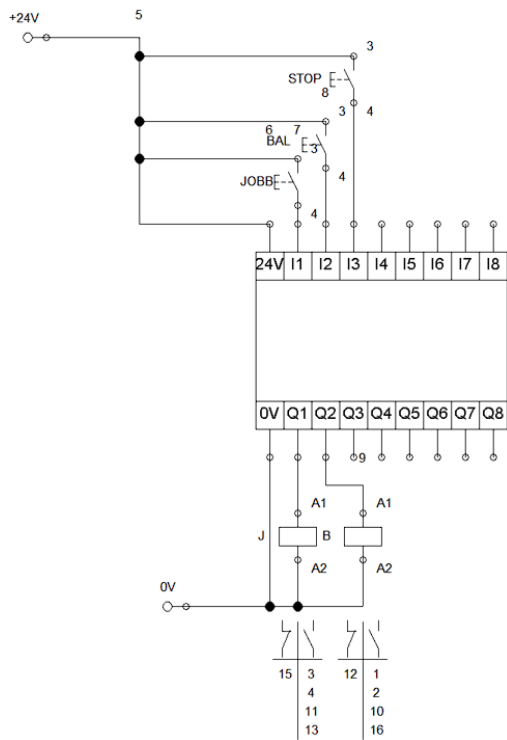


Kelléket a kapcsolás megvalósí

- 24 V-os hálózat (lehet más is h
- szerűen működni a mágneskap
- 2db gomb záró érintkezővel
- 1db gomb bontó érzékelővel
- 2 db mágnes kapcsoló (azok a
- érintkezőit a bekötésnél haszná

6. ábra 3 fázisú motorforgásirány változtató kapcsolása relés vezérléssel [3]

3.1.2 PLC-s kapcsolás:



Kelléket a kapcsolás megvalósításához:

- 24 V-os hálózat (lehet más is ha ott tud tüzem szerűen működni a mágneskapcsoló és a PLC)
- 2db gomb záró érintkezővel
- 1db gomb bontó érzékelővel
- 2 db mágnes kapcsoló (azok amelyeknek az érintkezőit a bekötésnél használjuk)
- PLC

7. ábra 3 fázisú motorforgásirány változtató kapcsolása PLC vezérléssel [3]

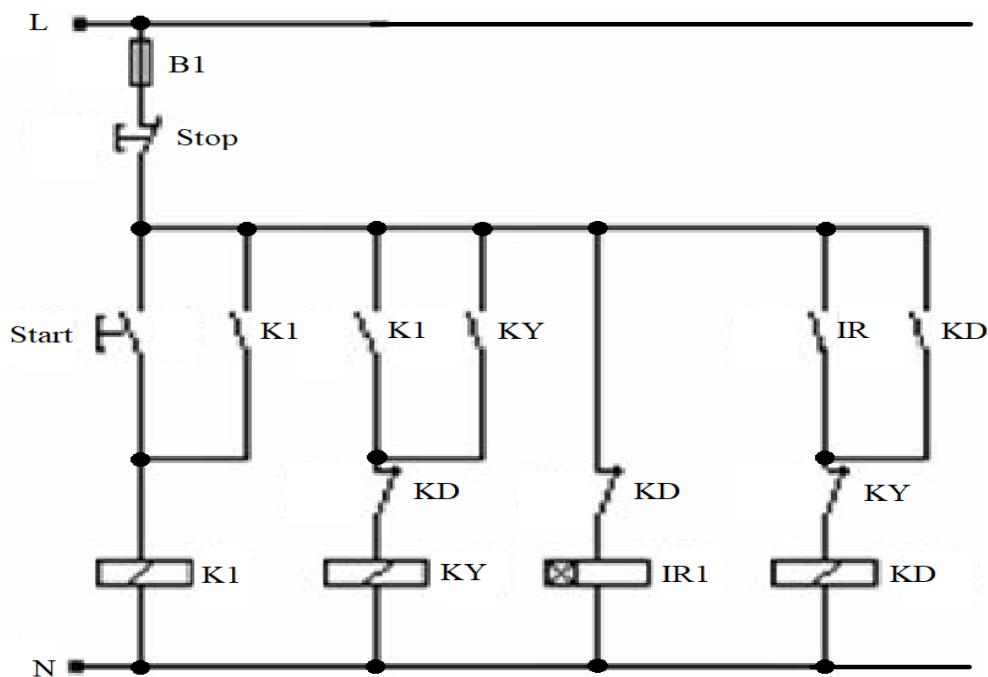
A kettő vezérlés ugyan azt a feladatot hajtja végre ami a következő: Ha a „B” mágneskapcsoló inaktív akkor „JOBB” gomb megnyomása után a „J” mágnes kapcsoló folyamatosan jelet ad még akkor is ha a „JOBB” gombot elengedjük és ezt az állapotot csak a „STOP” gomb megnyomása szünteti meg. Az előző megfogalmazás a „BAL” gombra és a „B” mágneskapcsolóra is igaz. A kettő kapcsolás képes ugyanazt a feladatot ellátni ezért mondhatnánk hogy mindkettő ugyanolyan jó. A kettő kapcsolás között viszont van egy jelentős különbség még pedig az hogy a PLC-s megvalósítás sokkal drágább. A kapcsolások összetevőiben csak az a különbség hogy a relés esetében olyan mágneskapcsolót kell venni amiben a van + egy bontó és egy záró érintkező is (ez körülbelül relénként 1000-2500-ft felár) addig a PLC-s megvalósítás esetén szükség van egy PLC-re is ami körülbelül a 2-3-szorosa az előző teljes rendszer árának. Ebből arra következtetésre jutunk hogy a PLC használat ilyen kis méretű felhasználásban feleslegesen drága mivel huzalozott vezérlés esetében is ugyan azt a működő hálózatot kapjuk csak olcsóbban.

3.2 Csillag-delta motorindítás

A csillag-delta egy villanymotornak az indítási módszere. A nagyobb teljesítményű motoroknál alkalmazzák. Egy régóta használat, és széleskörben elterjedt lágyindítási módszer. Az indítási eljárás lényege az, hogy a csillagpontosan összekötött tekercsvégeken az indítás során kisebb áramfelvétel keletkezik, ami csökkenti a hálózat igénybevitelét. A csillag folyamat során, a motor fel pörgetik, és majd ezt követően megfelelő időeltolással a motor át vált delta kapcsolásra. A deltakapcsoláskor a tekercsvégek párhuzamosan vannak kötve. Ebben a kapcsolási módban éri el a motor a maximális nyomatékát, és teljesítményét. Ezt a lágyindítási módszer a mostani gyártási folyamatoknál is gyakran alkalmazzák, és még mai napig is

gyártanak ilyen eljárásra alkalmas motorokat. A modern ipar fejlődésével, viszont a huzalozott kivételben megvalósított csillag-delta indítás már kezdi elveszíteni gyakoriságát. A huzalozott hálózatott kezdi felváltani a PLC-vel kivitelezett kapcsolás.

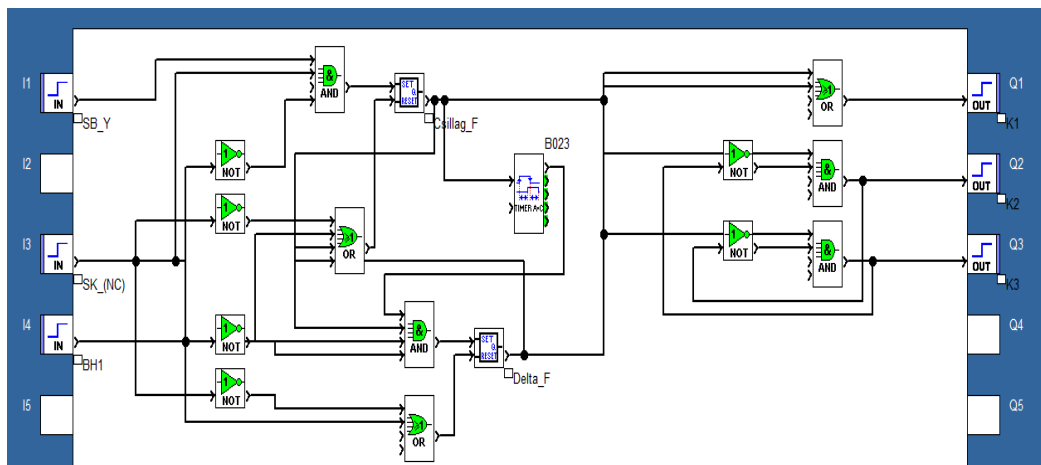
3.2.1 Huzalos csillag-delta motorindítás



8. ábra Huzalos csillag-delta motorindítás[3]

A képen látható a mágnes kapcsolókkal megvalósított rendszer. a működési elve: az indító gomb megnyomásával behúzza a működtető mágnes kapcsoló és ezzel egyidejűleg működésbe lép a csillag állapotot biztosító mágnes kapcsoló. A motor felpörgetése után megfelelő időeltolódással az időrelé kiejti a csillag mágnes kapcsolót, majd a delta kapcsolót behúzza. Biztonsági szempontból a csillag és delta mágnes kapcsolók reteszeléssel vannak ellátva. A reteszelést vagy mechanikusan vagy elektronikusan oldják meg, de a maximális biztonság érdekében általában a 2 megoldást egyszerre használják. A reteszelés lényege, hogy bármilyen hiba folytán sem lehessen egyszerre a 2 üzemállapot aktív. A 2 kapcsolási állapot egyidejű működése a motor tekercselésében kárt tesz. A vezérlési rendszer védelmének más módjai is vannak, amiket a motor meghibásodása ellen alkalmaznak. A motor meghibásodás megelőzésének érdekében a rendszert hőkioldóval és fázis szimmetria/harmónia figyelő relével is ellátják.

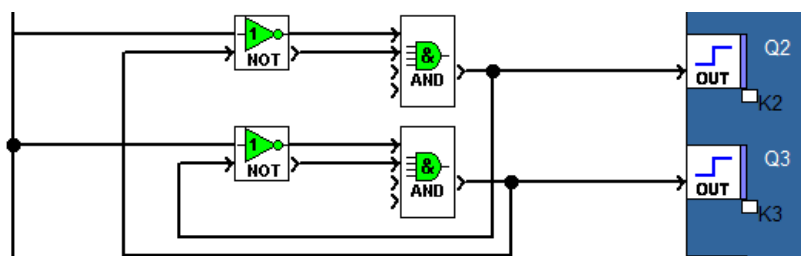
3.2.2 A PLC-vel megvalósított csillag-delta motorindítás



9. ábra PLC-vel megvalósított csillag-delta motorindítás[3]

A programozható logikai vezérlővel kivitelezett csillag-delta indítás ugyanazon logikán alapszik, mint a huzalozott rendszer. Nagy különbség a 2 rendszer között, hogy még a hagyományos kapcsolás során a logikai vezérlést fizikálisan érintkezőnkön keresztül oldják meg, ez a PLC rendszer esetén a programon belül valósul meg. előnye ennek a vezérlési módnak a másik móddal szemben, hogy nincs szükség komplex vezetékes hálózatra, csak erőátviteli mágnes kapcsolókra van szükség. A biztonsági szempontból a programon belül megvalósított reteszelés, Kívül a hőkioldó és a biztosíték segéd érintkező is egyaránt be van programozva.

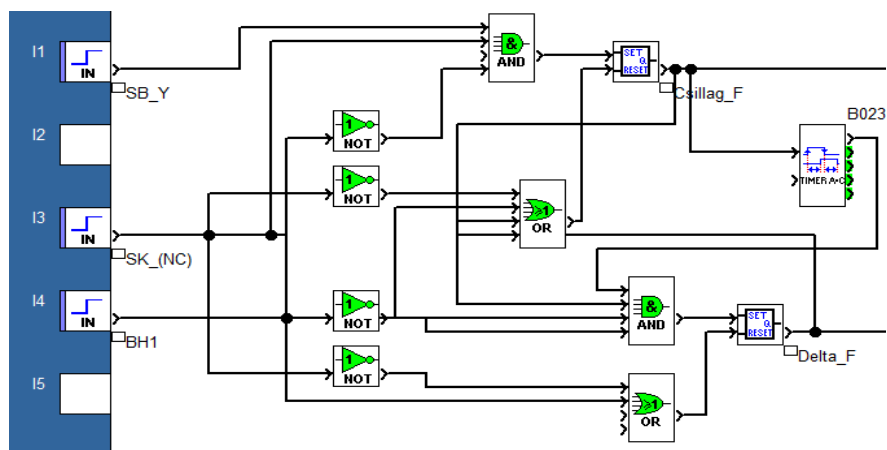
3.2.2.1 A Reteszelés rész:



10. ábra
Reteszelés[3]

A program ezen része azt valósítja meg hogy ne tudjon egyszerre a csillag és a delta kapcsolást vezérlő relé behúzni

3.2.2.2 A hőkioldó és a biztosíték segédérintkező:



11. ábra

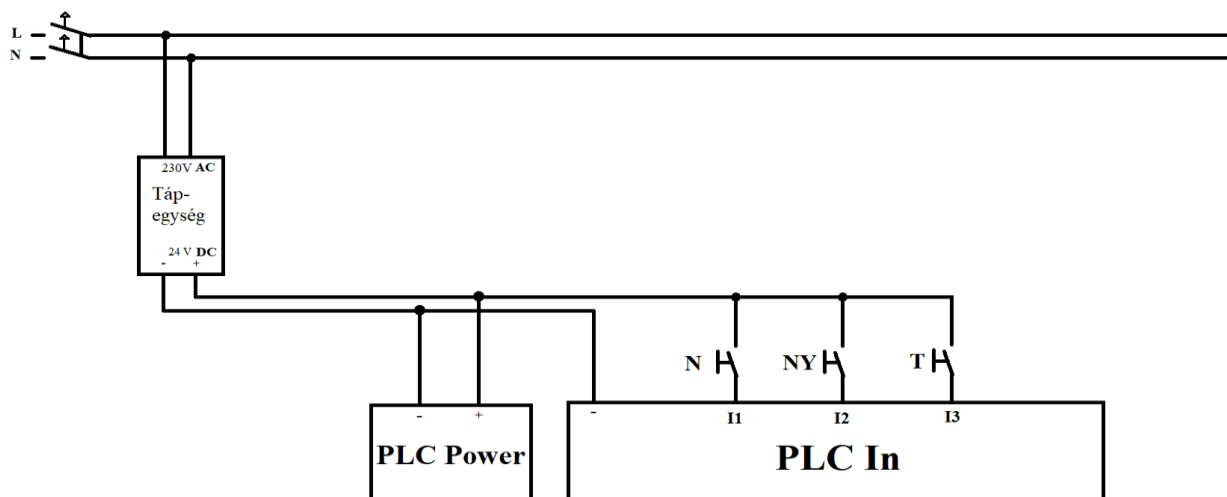
Hőkioldó és a biztosíték segédérintkező[3]

A programozott védelmek fizikálisan relével és segédérintkezővel is meg vannak valósítva. A fizikális rendszer csak egy visszajelzést ad a programnak, hogy a működésbeli hiba a programban is megjelenjen. A működésbeli hibát a programozható logikai vezérlő képes tárolni, ami nagyban segíti a karbantartási munkálatokat. A mentett hibáüzenetek elemzésével a szervizelést végző szakember egyszerűbben és könnyebben megtalálhatja a hibát.

4. A PLC-k és a huzalozott vezérlések alkalmazása összetett kapcsolásokban (Nővérhívó rendszer működése)

4.1. A PLC csatlakozásai

4.1.1 PLC Bementetek



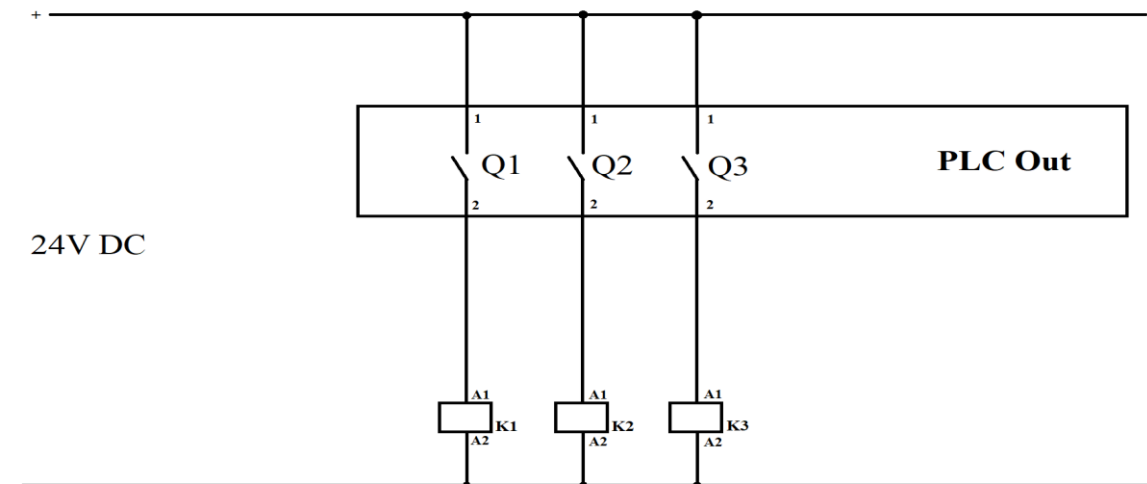
12. ábra

PLC Bementetek[3]

A tervrajzon a PLC megtáplálása, és a bementetek vannak vázolva. A tápellátást egy 2 pólusú AFDD védelmi készülékkel lett ellátva, ami a fázist és a nullát is megszakítja. Ez az egység a PLC áramkörét biztosítja. A két pólusú típus lehetővé teszi a teljes rendszer leválasztását a

hálózatról. A tápegység kimeneti oldalán, azért nincsen biztosítóval biztosítva, mert a tápegységbe van integrálva a túláram és a túlterhelés elleni védelem. A PLC I1-es bemenetére megy a betegnél lévő nyomógombról (N) érkező bemeneti jel, ami a nővér hívására szolgál. Az I2-es a nyugta bement, amit a nővérszobában lévő nyomógomb (NY) vezérel. Ennek a bemenetnek a célja, hogy amikor a nővér észlelte a jelzést akkor vissza tud jelezni a betegnek. Az I3-as bemeneten, a nővérszobában lévő nyomógombról (T) kapja a jelet. A bemenet lényege a törlési funkció ellátása, hogy amikor a beteget a nővér ellátta törölhesse a hívást.

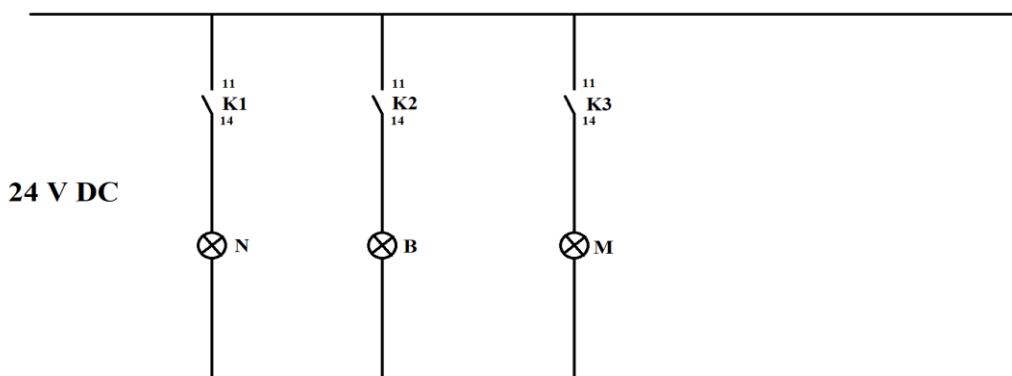
4.1.2 PLC kimentek



13. ábra
PLC kimentek[3]

Az tervrajzon a PLC kimenetei vannak feltüntetve. A Q1-es kimenet a K1-es relét vezérli, ami a nővérszobában lévő lámpát kapcsolja. Ennek célja, hogy a nővérszobában lévő lámpa fényjelzése felhívja a nővérek figyelmét arra, hogy egy betegnek szüksége van ellátásra. A Q2-es kimenet a K2-es relét vezérli. A vezérlésnek a lényege, hogy a beteg feletti lámpát működésbe hozza. A Q3-as kimenet a K3-as relét működteti. A K3-as relé behúzására, a beteg fölött lévő lámpa, ami a nővér érkezését jelzi, működésbe lép.

4.1.3 Vezérelt lámpák

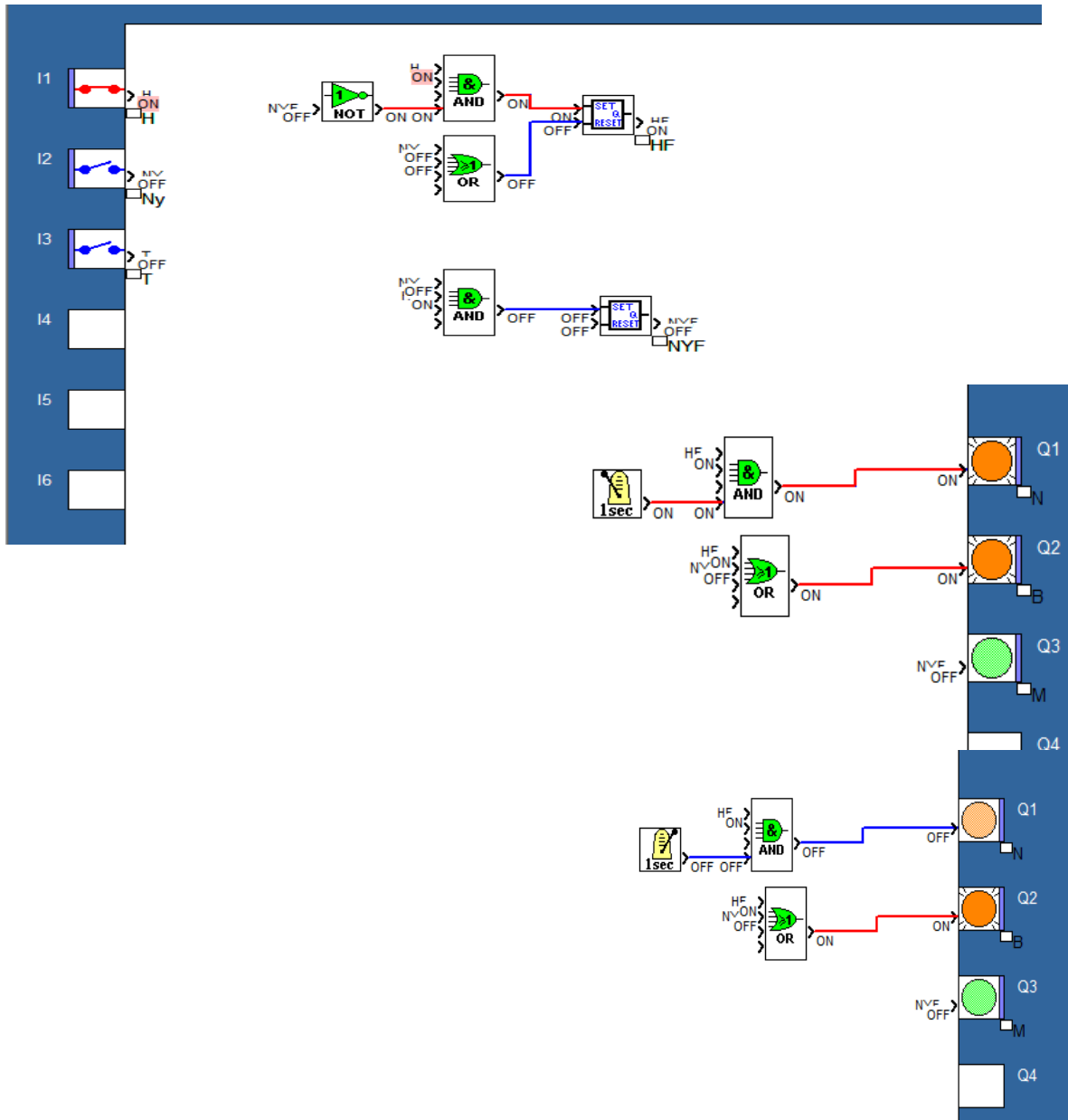


14. ábra
Vezérelt lámpák[3]

A vezérelt világítóttestek vannak feltüntetve a tervrajzon. A K1-es reléről egy záróérintkezővel van vezérelve az N LED lámpa. A vezérlés célja, hogy az N lámpát villogtassa, hogy az szembetűnő legyen a nővérek számára. A K2-es érintkezővel működtetett B LED lámpa. A lényege, hogy a nővér tudja melyik beteghez kell mennie. A K3-as relé egy záróérintkező működésbe hozza a M lámpát. Az M visszajelző lámpa célja, hogy a beteg számára jelezze, hogy jön a nővér.

4.2 A PLC program

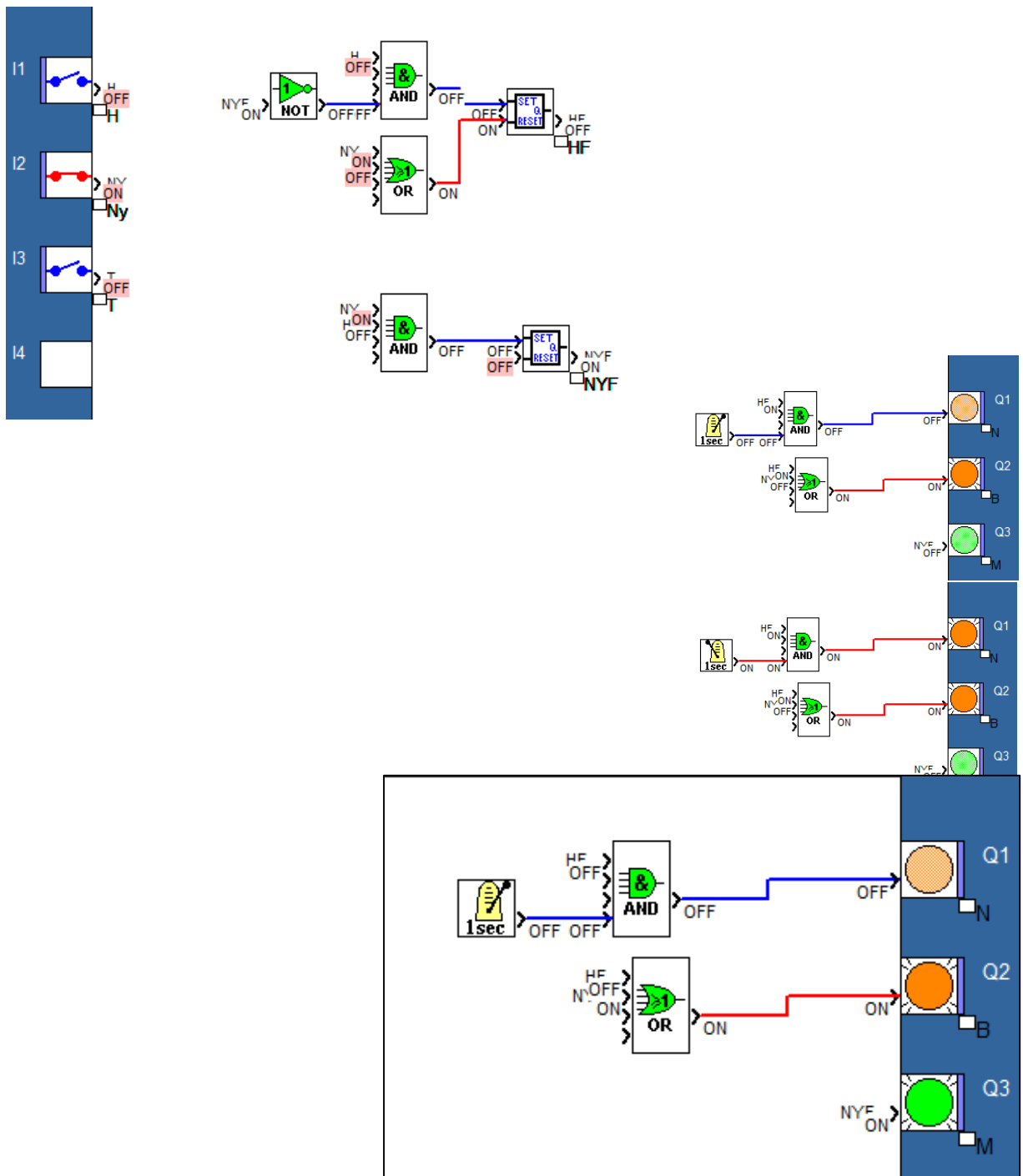
4.2.1 Nővérhívás



15. ábra
Nővér hívás[3]

Az első funkció a hívás rendszert indítja el. Az H1-es bemenetre megérkezik a jel, ami különböző logikai feltételeken keresztül HF be aktiválja. Ha minden feltétel adott, akkor a jel tovább halad egy „és” kapuba meg egy „vagy” kapuba. Az „és” kapu meg a „vagy” kapu a Q1 és a Q2-es kimenetre mennek. A Q2-es kimeneten folyamatos jel jön létre, még a Q1-en egy másodpercenként pulzáló jel jön létre.

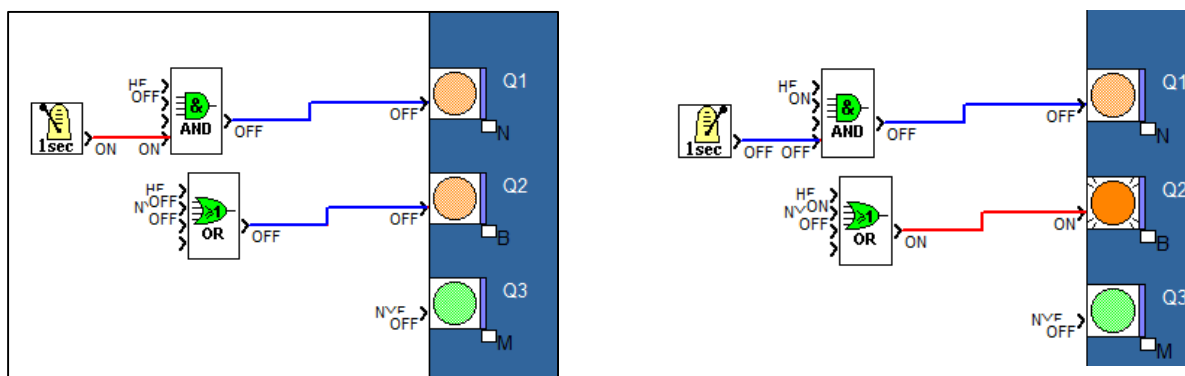
4.2.2 Nővér érkezésének jelzése



16. ábra
Nővér érkezésének jelzése[3]

A második funkció a nővér érkezését jelzi a beteg számára. A első funkció után lehet csak atkiválni ezt a funkciót. Az I2-es bementere jel jön, és bizonyos logikai feltételek után az HF-t kikapcsolja, és enyidejüleg a NYF-t pedig aktiválja. Az adott logikai feltételek teljesülnek, akkor a jel tovább halad a kimenetek felé. A reset hatására az első funkciós kimenetek közül a Q1-es kimenetere menő pulzáló jel megszűnik, és helyette a Q3-as kimenten lesz folyamatos kimeneti feszültség. Ez a kimentet a beteg fellett elhelyezett M lámpát hozza működésbe, amivel jelzi a beteg felé a nővér hogy elindult hozzá.

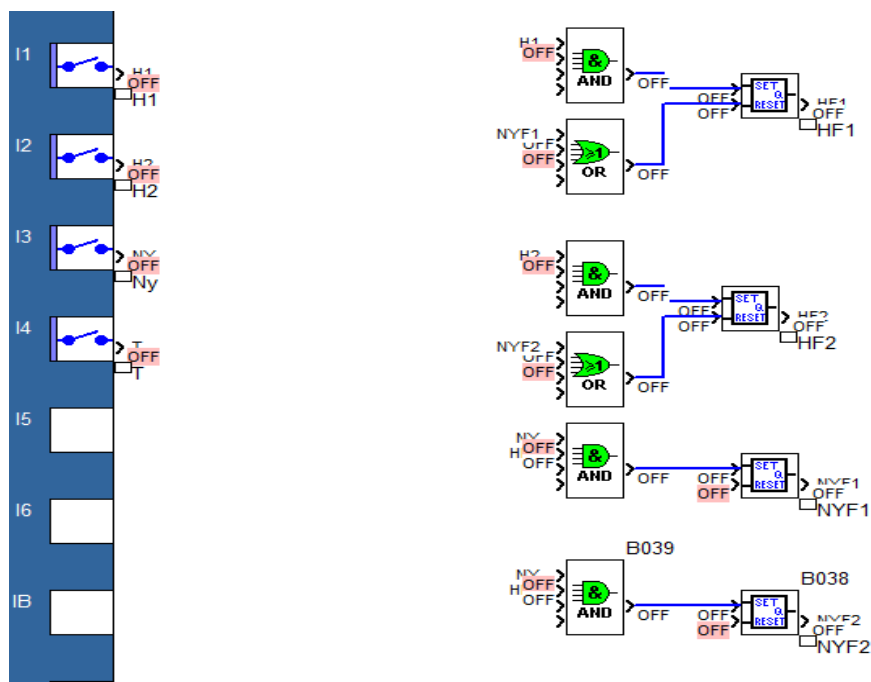
4.2.3 Kikapcsolás



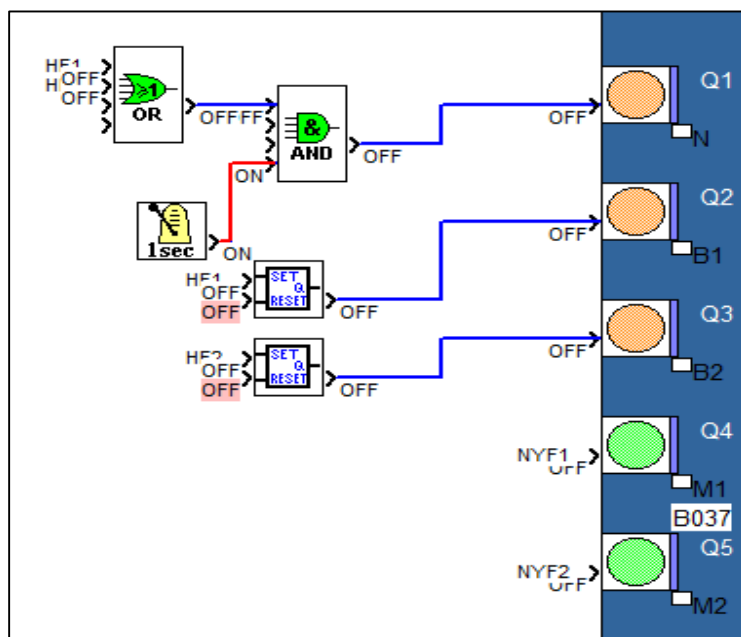
17. ábra
Kikapcsolás[3]

A harmadik funkció az előző két funkciót szünteti meg. Ez a funkciót mindkettő ezt megelőző funkció működése közben is lehet alkalmazni. Az I3-as bementre jel érkezik, és ezt követően a HF, és a NYF is kikapcsolja. Ezáltal mindegyik kimeneten megszűnik a kimenő jel, bármelyik funkció során.

4.2.4 2 beteges rendszer



18. ábra
Két beteges funkció 1/2 [3]



19. ábra
Két beteges funkció 2/2 [3]

Ha két betegre készítjük a hívó rendszer, akkor bejön egy negyedik funkció, ami teljes mértékben megegyezik az első funkcióval. Az alábbi rendszernél még egy külön nyugta funkciót kellett használni, hogy egyszerre működhessen a két hívási funkció.

5. Következtetés

Amint az a példákából is látszik, hogy egy tetszőlegesen magas komplexitású rendszert egy megfelelő ki- és bemenet számú és típusú (analóg vagy digitális) PLC-vel viszonylag könnyen meg lehet valósítani addig egy ezt egy huzalozott hálózat esetén nagyon nehézkes/komplikált lenne. Továbbá lehet hogy a PLC nagy hálózatok esetén nagyon előnyös a könnyen szerelhetősége miatt de, a kisebb alkalmazásokban ahol az árat jelentősen növelné és nincs szükség a rugalmasságára és a sebességére ott a régi huzalozott vezérlés használatát ajánljuk.

Hivatkozások:

[1] Megtekintés dátuma:2022.10.30.

https://www.nive.hu/Downloads/Szakkepzesi_dokumentumok/Bemeneti_kompetenciak_meresi_ertekelesi_eszk_ozrendszerenek_kialakitasa/6_0907_022_100915.pdf

[2] Megtekintés dátuma:2022.10.30. <http://zeus.nyf.hu/~elat/PLC-k.pdf>

[3] Saját kép

Semperger Sándor, Dénes István: Impact determination munkafolyamat jelentősége az ipari üzemek és objektumok kiberbiztonsági felmérésénél

Semperger Sándor

Óbudai Egyetem, Bécsi út 94-96, H1034 Budapest, Hungary, semperger.sandor@kvk.uni-obuda.hu

Dénes István

Accenture ISS Kft, Hauszmann Alajos utca 2, H1116 Budapest Hungary, i.denes2accenture.com

Az előadás azt taglalja, hogy miért fontos egy komolyabb ipari üzem vagy egyéb ipari objektum irányító rendszere (OT, Operational Technology) kiberbiztonsági vizsgálatánál részletesen felmérni és számszerűsíteni egy jövőben bekövetkező támadás lehetséges következményeit.

Az OT akár több ezer számítástechnikai eszközből állhat. Ezek kiberbiztonsági védelme elsősorban a létesítmény rendelkezésre állásának fenntartását célozza.

Az ipari objektum OT-ján belül az összes ilyen eszközt reálisan nem lehet minden elképzelhető támadástól megvédeni. A reális cél csak annak elérése lehet, hogy a támadás ráfordításai (beleértve a támadó mérnöki óradijának becsült piaci értékét) lényegesen magasabbak legyenek, mint a támadás által okozott lehetséges kár és a támadó ezzel arányos várható jutalma.

Ennek fényében az OT kiberbiztonsági felmérésének első lépése egy leginkább valószínűsíthető támadás következményeinek felbecsülése (Impact Determination) kell hogy legyen a legrosszabb eset figyelembe vételével. Ezt három lépésben lehet megtenni:

- *Első lépésben körben le kell szűkíteni a komolyabb vizsgálat alá vont eszközök vagy eszköz típusok számát (Risk Framing)*

- *Második lépésben a risk framing során kiválasztott eszközökre vagy eszköz típusokra egyenként számszerűsíteni kell egy lehetséges támadás elképzelhető legrosszabb következményeit (Impact Determination).*

- *Harmadik lépésben a risk framing során kiválasztott eszközökre meg kell állapítani a védelem azon legalacsonyabb szintjét (Target Security Level, SL-T), ahol egy támadás ráfordításai már lényegesen meghaladják a következmények által okozott kárt vagy a támadó várható jutalmát.*

Az előadás a fent ismertetett munkafolyamat kivitelezését vázolja röviden.

Kulcsszavak: ipari kiberbiztonság, lehetséges hatás, következmény, Impact Determination

Bevezetés

Az ipari és infrastrukturális objektumok kiberbiztonságával foglalkozó ANSI/ISA 62443-2-1 (99.02.01)-2009 szabvány "4.2.2 Element: Business rationale"[5] fejezete szerint "Az üzleti indoklás elengedhetetlen ahhoz, hogy a szervezet vezetése megfelelő szinten támogassa a befektetéseket az ipari automatizálási rendszerek kiberbiztonsági programjába".

Más szóval, mielőtt kiberbiztonságra kérnénk pénzt, meg kell tudnunk mondani, hogy mekkora kárt hárítunk el vele.

A jelenlegi gyakorlat viszont általában rögtön az eszközök és hálózatok kitettségeinek oldaláról közelíti meg az ipari objektumok kiberbiztonságát, ami téves következtetésekhez vezethet. Ez emberileg érthető, hiszen az ipari objektumok kiberbiztonságával többnyire informatikusok foglalkoznak, akik inkább a számítógépek és hálózatok világában mozognak otthonosan, a valós ipari folyamatokhoz, beleértve a PLC-eket, nem értenek.

A kutatásunk éppen ezért az ipar elleni kibertámadások várható következményeinek hatékony és pontos felmérésére ad egy olyan módszertant, amellyel az informatikus az ipari folyamat ismeretének hiányát egy kvalitatív elemzéssel tudja pótolni.

A fent vázolt törekvésünket támasztja alá Daniele Del Sale “Operational Technology Services to Support Business Activities” [9] című írása, amely szintén az ipari folyamat elemzésének oldaláról közelíti meg az ipari kiberbiztonságot. “Egy viszonylag új szempont, hogy az IT nem csak adatfeldolgozást végezhet, de gyakran berendezések monitorozására és ellenőrzésére használják, beleértve OT berendezéseket is, ezáltal kézzelfoghatóan kihatnak a fizikai folyamatokra”

Ez, szembemelve a korábbi szigorú IT (informatika) és OT (automatizálás) elkülönítéssel, minden számítástechnikai eszközt, akár OT, akár IT, vizsgál az ipari kiberbiztonság szemszögéből.

Ennek fényében még egy SAP rendszer is érdekes lehet az ipari kiberbiztonság oldaláról, amennyiben az ipari folyamat működésének feltétele például a Process Order megléte.

A módszertan kialakulása. Az ANSI/ISA 62443-2-1 szabvány nem tartalmaz útmutatást arra, hogy mily módon becsüljük meg egy kibertámadás lehetséges következményét. Ennek ellensúlyozására a szerzők hosszú évek során alakították ki azt a gyakorlatot, hogy célzott beszélgetéseket folytattak az ipari objektumok dolgozóival a várható következmények megértése céljából. A kutatás által vázolt módszertan ebből a gyakorlatból kristályosodott ki.

Alapfogalmak. A kutatás az alábbi, szabványok által meghatározott fogalmak magyar fordítását használja:

IACS	Ipari Automatizálási rendszer (ISA ANSI 63443-1-1, 3.3 Abbreviations[17])
Kiberbiztonság	Egy rendszer kiberbiztonsági védelmére tett intézkedések (ISA/ANSI 642443-1-1, 3.2.98 / 1 [17])
Kiberbiztonsági incidens	Olyan kiberbiztonsági esemény, melynek hatása választ és kárenyhítést igényel,(NIST Cybersecurity Framework, V1.1[6])
Lehetséges hatás	Egy kiberbiztonsági incidens közvetlen következménye. Lehet pl. control funkció elvesztése, kijelzett érték manipulálása SCADA-n, adatvesztés
Következmény	Egy adott kiberbiztonsági esemény eredménye (ISA/IEC 642443-2-1, 3.1.11)
Impact Determination	Egy IACS eszközön esetlegesen a jövőben bekövetkező kiberbiztonsági incidens várható legsúlyosabb következményének meghatározása az ISA/ANSI 642443-3-2 [1] szabvány szerint
Biztonság kockázatától,	mentesség a fizikai sérülés elfogadhatatlan
	MSZ EN/IEC61508 2010:CMV [2]

Jelen kutatás az első részében felvázolja a Impact Determination jelenlegi értelmezését és helyét az IACS kiberbiztonságban.

Második részében ismerteti a javasolt módszertant egy nagy egészségügyi mosoda példáján levezetve.

Irodalmi áttekintés

Az ISA 62443-3-2 [1] szabvány szerint

”minden, az 5.1 és 5.2 fejezetben azonosított fenyegetésre és kitettségre meg kell határozni a lehetséges hatásokat és következményeket a fenyegetés bekövetkeztének esetére. A következményeket az alábbi területekre kell dokumentálni: emberéletben keletkezett kár, pénzügyi veszteség, kiesett termelés és környezeti kár ” (ISA 62443-3-2 [1] 5.3 Determine Consequence and Impact). Mi a következmények körét kissé kiszélesítettük, mint alább látni fogjuk.

A szabvány olyan források használatát javasolja a következmények felmérésére, amelyek eredetileg nem kiberbiztonsági célra készültek. Ezek egyrészt a funkcionális biztonság területéről származó források, másrészt az üzemek eszköztárában (remélhetőleg) fellelhető kritikalitás információ.

Funkcionális biztonság területéről származó források használhatósága

Minden komolyabb üzem rendelkezik Process Hazard Analysis-el (PHA). A PHA az „ipari folyamat egészének potenciális veszélyeire vonatkozó szisztematikus és célirányos vizsgálatának gyűjteménye” (PHA Process Hazard Analysis: ISA 62443-3-2 (99.03.02), 3.1.14 [1]). A ISA 62443-3-2 szabvány ezt javasolja a következmények meghatározása egyik forrásának.

A funkcionális biztonság területéről származó felmérések kiberbiztonsági alkalmazására vannak egyéb kezdeményezések is. Andrew J Clark vezetésével készült “Cyber Process Hazard Analysis and Risk Management” [7] c. tanulmány leírja a Hazard and Consequence analysis for Digital Systems (HAZCADS) módszert: “(HAZCADS) kombinálja a Systems Theoretic Process Analysis (STPA) a Fault Tree Analysis (FTA)-val” azaz HAZCADS e két, funkcionális biztonság területen alkalmazott módszer ötvözésével hoz létre kiberbiztonsági incidensek következményeinek elemzésére alkalmas eljárást.

Mind a PHA, mind a HAZCADS alkalmazásának az a korlátja, hogy csak emberéletben keletkező és környezeti kárral foglalkozik, nem érinti például a kiberbiztonság szempontjából fontos termelés kiesés kockázatát.

Emellett a „Process hazard analysis... [8]” írás más oldalról is kétségbe vonja a funkcionális biztonságra kidolgozott metodológiák használhatóságát: eszerint ezek ”Alapvetően az emberi képzelőerőre támaszkodnak a káresemények kialakulásának irányáról, a következmények mélységének és kiterjedtségének felbecslésekor” Mivel azonban egy kiberbiztonsági incidens következményeire nem áll rendelkezésre sok precedens, ezért a felméréseknél a képzelőerő helyett csak a folyamat közelében levő emberek tudására támaszkodhatunk.

A kritikalitás használhatósága

A másik forrás, amit a szabvány említ, az eszközeleltárakban fellelhető Criticality információ (ISA 62443-3-2 (99.03.02), Partition the System under Consideration).

Ennek a forrásnak a mi szempontunkból az a korlátja, hogy, mint a “Data taxonomy to manage information and data in Maintenance Management” írásában A. Polenghi, I. Roda, M. Macchi és A. Pozzetti [12] kifejti, „a kritikalitás megállapítására végzett adatelemzés célja a karbantartás management támogatása az eszközeleltár irányából” Vagyis egy incidens során várható kiszámíthatatlan viselkedés következményeire ez aligha ad támpontot.

A fentiek mellett az ipari kiberbiztonsági felmérések során gyakran alkalmazzák az alapvetően kormányzati rendszerek biztonságára készített NIST 800 framework Risk Criteria módszertanát, amely a kockázatok elviselhetőségét számszerűsíti (NIST Special Publication 800-30 rev.1, Guide for Conducting Risk Assessments [6]). Ez egy hasznos eszköz a már ismert következmények számszerűsítésére, az elemzésükre azonban nem ad segítséget.

Impact Determination az ipari folyamat felől megközelítve

Kevés szakirodalom foglalkozik az ipari folyamat ismeretének fontosságával a IACS kiberbiztonsági Impact Determination készítése során.

Ennek egyik oka, mint a bevezetőben írtuk, hogy a Impact Determination-al nagyjából informatikusi végzettséggel rendelkező szakemberek foglalkoznak, akik gyakran idegenkednek a számukra kevésbé ismert IACS komponensektől, az egyes komponensek elleni támadások lehetséges következményeit pedig végképp nem képesek jól felmérni.

Ez tetten érhető ”A review of cyber security risk assessment methods for SCADA systems” [13] című, egyébként igényes publikációban, amely a SCADA rendszer kiberbiztonságát szinte minden irányból vizsgálja, a PLC, RTU és a hozzájuk tartozó protokollok felől érkező támadásokkal viszont nem foglalkozik.

Ezzel szemben az utóbbi időben egyre több forrás hiányolja a PLC kódok védelmére tett erőfeszítéseket. ”Most of the research related to PLC threats or attacks focuses on the hardware portion of ICS or SCADA systems such as: industrial components, peripheral devices, or networks. It does not adequately discuss PLC code-level vulnerabilities and attacks” (PLC Code-Level Vulnerabilities [14]).

A hagyományos PLC-k sebezhetőségén is túlmutat, hogy egyre több Windows alapú PLC jelenik meg. Ezeket a “soft PLC”-ket ráadásul előszeretettel használják az OT security támadások szempontjából vonzó célpontot képező villamos hálózatokban: “..the control system is becoming more and more complex, the requirement of PLC is also becoming more and more high, multi-core PLC came into being” (PLC Controller in Electric Control System,[11]).

A fent vázolt felismerésektől vezérelve alakítottunk ki egy olyan módszertant, amely az ipari folyamat felől közelítve meg a kiberbiztonságot, minden lehetséges számítástechnikát tartalmazó eszköz hatását vizsgálja a műszerezéstől a termelés irányító szintig.

3. A módszertan ismertetése

A módszernek az a célja, hogy minél jobban megismerjük az ipari folyamatot és olyan következményekről is információt szerezzünk, amelyek az eddig ismert módszerekkel nem

felderíthetők. Ehhez olyan emberek bevonására vállalkoztunk, akikkel általában a kiberbiztonsági szakemberek nem nagyon foglalkoznak.

A hatásvizsgálathoz fókuszcsoporthoz hoztunk létre a kiválasztott szakemberekből és szerepjátékkal, narratívák felvázolásával irányítottuk a beszélgetést.

A fókuszcsoporthoz összetétele

Egy Impact Determination fókuszcsoporthoz legfeljebb 3 ember vett részt:

az egyik olyan volt, aki magát az adott ipari folyamatot a legjobban ismerte. A kiválasztásánál kerültük a magas beosztású embereket. Leginkább egy legalább 5 éve a cégnél dolgozó műszakvezető volt a jelöltünk, aki már sok üzemzavar elhárításán dolgozott, mérnöki jogosultsággal kezeli a SCADA, DCS rendszereket.

Mindig bevontuk a csoportba az IACS karbantartás helyi vezetőjét is. Ő az, aki az összes PLC, RTU-t ismeri, becsukott szemmel megtalálja a műszerezés kritikus elemeit, ismeri a kommunikációs protokollokat, a kábelek, szekrények fizikai hozzáférhetőségét, kitétségét.

Gyakran bevontuk a csoportba egy környezetvédelmi szakembert is.

A fókuszcsoporthoz alkalmazott alapelvek

Fontosnak tartottuk, hogy a rendelkezésre álló korlátozott időben a következményekre koncentráljunk, ezért, hogy kizárjuk a támadás valószínűsége körüli vitát, a csoportot mindig kész helyzet elé állítottuk, mintha a nem kívánt esemény már bekövetkezett volna.

A kérdéseket egymástól izolálva beszéltük meg. Minden egyes rendszer következményénél feltételeztük, hogy a többi jól működik- például egy vészhelyzeti leállító rendszerrel feltételeztük, hogy az alá tartozó DCS működik.

Mindig worst case-t feltételeztünk a bekövetkező eseményeknél

Egy fókuszcsoporthoz foglalkozást legfeljebb 45 percesre terveztünk, mivel azok az emberek, akik valóban értékes információval rendelkeznek, nem reális, hogy érdemben tovább rendelkezésre tudjanak állni.

A fókuszcsoporthoz tematikája

A fókuszcsoporthoz négy témát beszéltünk végig:

1. A következmény típusok kiválasztása
2. Vizsgálatba vonni kívánt rendszerek (System under Consideration, SuC) kiválasztása
3. A közvetlen hatás meghatározása rendszerenként
4. Következmények szöveges meghatározása rendszerenként

A következmény típusok kiválasztása

Az interjú első része arra irányult, hogy az adott ipari objektumon milyen típusú következmények fordulhatnak elő egyáltalán. Mi az alábbiakat ajánlottuk fel:

1. Táblázat.

Felkínált következmény típusok Forrás: szerző összeállítása a fókuszcsoport eredménye alapján

Termelés kiesés	A termelés kiesésből adódó kárt minden ipari objektumnál vizsgáltuk - nem csak a közvetlen, hanem a közvetett kárt, például a berendezés károsodását is. ISA/ ANSI-62443-3-2-2020 3.1.7 [1]
Emberéletben keletkezett kár	Szinte minden ipari üzemben vizsgáltuk az emberéletben keletkező lehetséges kárt ISA/ ANSI-62443-3-2-2020 3.1.7 [1]
Környezeti kár	A környezeti károkat leginkább olajipari, vegyipari, élelmiszeripari üzemekben vizsgáltuk. A kármentőkben felfogott anyag illetve a fáklyán elégetett anyagot nem tekintettük környezeti kárnak ISA/ ANSI-62443-3-2-2020 3.1.7 [1]
Megfelelőség	Az egyetlen hely, ahol a megfelelőség-et külön vizsgáltuk, az egy egészségügyi mosoda volt, ahol a RAL megfelelőség kritikus volt
Financial	Ezt a kategóriát akkor ajánlottuk fel, ha volt olyan jelentős pénzügyi következmény, amely nem mozog együtt a termelés kieséssel. Nem volt ilyen vizsgálat.

A példaként kiválasztott nagymosoda a termelés kiesést, az emberéletben keletkezett kárt és a megfelelőséget választotta. A környezeti kárral nem kívánt foglalkozni, mivel a mosodában mindenütt van kármentő. A megfelelőség viszont nagyon érdekelte, mert ha az incidens pont egy szűrőpróbaszerű ellenőrzéskor történik, akkor a mosoda elveszítheti értékes RAL minősítését.

A következmény típus kiválasztása után számszerűsítési táblázatot készítettünk 1-8 értékig.

A példaként használt nagymosoda esetében ez így nézett ki:

2.Táblázat.

A következménytípusok és azok számszerűsítése. (Forrás: szerző összeállítása a fókuszcsoporthoz tartozó eredmények alapján)

	Termelés kiesés	Emberéletben keletkezett kár	Megfelelőség
1	Nincs termelés kiesés	Nincs sérülés	Nincs megfelelőségi következmény
2	<1 nap termelés kiesés, nincs kiesés szerződéses kötelezettségben	1-10 korházi ellátást nem igénylő sérülés	Belső szabályok kisebb sérülése hatósági következmény nélkül
3	1-7 nap termelés kiesés, nincs kiesés szerződéses kötelezettségben	>10 korházi ellátást nem igénylő sérülés. 1-10 nem maradandó sérülés(>24 óra korházi ellátás)	Belső szabályok súlyosabb sérülése hatósági következmény nélkül
4			
5	Termelés kiesés okoz szerződéses teljesítésében	kiseb okoz terjedelm	Súlyos megfelelőségi következmény, RAL minősítés elvesztése 1 telephelyen
6			
7		1-10 maradandó sérülés. 1 haláleset	
8	Kulcsfontosságú ügyfelek elvesztése	11-100 maradandó sérülés. Több haláleset	Súlyos bírságok, RAL minősítés elvesztése több telephelyen

Az 1 és 8 közötti számokhoz azért ragaszkodtunk, mert a fókuszcsoporthoz nyert értékeket később egy olyan, jelen kutatás tárgyát nem képező szoftverrel dolgoztuk fel, amely 1 és 8 közötti bemenő paramétereket kezel.

Vizsgálatba vonni kívánt rendszerek körülhatárolása

Talán a legnehezebb feladat az volt, hogy kijelöljük és meghúzzuk a határait azoknak a rendszereknek, amelyeket vizsgálatát el kívántuk végezni.

A szabvány pontos leírást ad a vizsgálatba vont rendszerek határainak meghatározására (ISA/ANSI-62443-3-2-2020 [1] 4.1 Identification of System under Consideration). Nem ad azonban útmutatást arra, hogy hogyan válasszuk ki azokat a rendszereket, amelyeket részletes vizsgálat alá kell vetni.

Mi a kiválasztásnál az alábbi módszert alkalmaztuk:

1. A DCS, SCADA, ESD, VMS rendszereket első körben mindig vizsgálat tárgyává tettük. Az alájuk tartozó PLC-eket, RTU-kat és hálózati eszközöket a rendszer részének tekintettük. Amennyiben több, azonos feladatot ellátó rendszert találtunk (például több vasúti töltőrendszer), akkor egybevonva vizsgáltuk őket és worst case-t feltételeztünk.

2. Minden egyéb rendszer esetében narratívaként felvezettünk olyan elképzelt eseteket, amikor egy egyedülálló PLC, vagy éppen MES, ERP rendszeren történik kiberbiztonsági incidens. Ha nem volt bizonyítható, hogy a rendszeren egy incidensnek nem lehet komoly következménye, akkor a rendszert bevontuk a vizsgálatba. Például, elengedtük a vizsgálat alól annak a légkompresszornak a vezérlő PLC-jét, amely kompresszornak volt 4 párhuzamos alternatívája és az elmondás szerint az üzem két kompresszor kiesése után sem kényszerült leállításra.

A közvetlen hatás meghatározása rendszerenként

Talán a leginkább kvalitatív része a gyakorlatnak: a fókuszcsoportnak meg kell egyeznie abban, hogy milyen közvetlen hatástól félnek a leginkább minden egyes rendszernél. Itt szerepjátékot játszottunk: képzeletben minden eszközre, egyenként idéztünk elő a közvetlen hatásokat és megkérdeztük a résztvevőket, hogy melyiktől mennyire félnek.

A lehetséges közvetlen hatások az alábbi táblázatban láthatóak:

3.Táblázat.

A közvetlen hatások (Forrás: szerző összeállítása a fókuszcsoport eredménye alapján)

Megnevezés	Hatás leírása	Példa
Irányítás elvesztése	Az irányítás tartós ellehetetlenülése, a kezelők nem képesek beavatkozni egy katasztrófahelyzet esetén	A támadás eredményeként a megjelenítés lefagy, kezelők nem tudnak beavatkozni
A megjelenítés manipulálása	Az operátorok hibás döntéseket hoznak hibás információk alapján, amit a megjelenítés szándékos befolyásolása okoz	A vezérlőrendszer által jelentett értékek nem tükrözik a folyamat valóságát
Folyamat hibás működése	A folyamat nem a várt módon működik. Ezt a rendszer meghibásodása vagy a paraméterek jogosulatlan módosítása okozza	A támadó módosította a PLC kódját, és a folyamat hibásan működik
Információ biztonság sérülése	A rendszer által használt vagy generált adatokat ellopják és megosztják; vagy engedély nélkül módosítják	A támadó megszerzett egy mérnöki jogosultságot biztosító nevet és jelszót

A következmények meghatározása rendszerenként

Ez volt a fókuszcsoport utolsó része, mely során először kvalitatív válaszokat vártunk, amiket aztán számszerűsítettünk: leírást kértünk a bekövetkező eseményekről, majd egy táblázat alapján megkíséreltük számszerűsíteni őket 1 és 8 között.

A például vett mosoda Impact Determination végeredménye:

4.Táblázat.

A következmények (Forrás: szerző összeállítása a fókuszcsoport eredménye alapján)

Vizsgálatba bevont rendszerek	A választott, legrosszabb Impact	Termelés kiesés		Emberéletben keletkezett kár		Megfelelőség	
		következmény	érték	következmény	érték	következmény	érték
Vizkezelő rendszer	Folyamat hibás működése	Vizkezelő rendszer meghibásodása nem vezethet leálláshoz, legfeljebb enyhén növeli a költségeket	1	Korhási ellátást igénylő nem maradandó sérülés, legfeljebb 2 fő	3	Vizkezelő rendszer hibája nem vezethet RAL minősítés elvesztéséhez	1
Csőmosógép SCADA	A megjelenítés manipulálása. Ha nem látom a helyes értékeket a SCADAn az nagyobb baj mintha nem működik, ez utóbbi esetben áttérhetek más gépekre	Egy kibertámadás esetén a csőmosógép egy hétre is leállhat, ez esetben más gépekkel magasabb költségen tudják kiszolgálni az ügyfeleket.	1	A prés és a hozzátartozó szállító kiszámíthatatlan működés esetén akár egy dolgozó halálát okozhatja	7	Amennyiben a reporting kiesése nem teszi lehetővé a megfelelő kísérőbizonylatok kiadását, ez megfeleléség problémákhoz vezethet	3
Cool Chemistry berendezés	Folyamat hibás működése amennyiben a vegyszereket nem az előírt sorrendben adagolják, robbanás történhet	A cool chemistry kiesését könnyű pótolni magasabb hőmérsékleten történő mosással más vegszerekkel. Ez némi költségnövekedést okoz de a termelés nem áll le	1	A berendezés biztonsági műszerezéssel van ellátva, ami kizárja, hogy ténylegesen kár keletkezzen emberéletben	1	A Cool Chemistry berendezés leállása látható és azonnal kiváltható. Ha ez RAL ellenőrzés alatt történik, az sem okoz megfeleléség nehézséget	1
Vegyszer adagoló rendszer	Folyamat hibás működése A vegyszeradagoló kiszámíthatatlan működése miatt nagy nyomás keletkezhet vegyszert szállító csővekben	A vegyszeradagoló meghibásodását a mosóberendezés azonnal észleli a Proof of Delivery elmaradásakor. Ilyenkor kézi adagolásra lehet áttérni	1	A nagynyomású cső sérülése korhási ellátást igénylő sérüléshez vezethet legfeljebb 2 fő esetében	3	Az adagoló berendezés leállása látható és azonnal kiváltható. Ha ez RAL ellenőrzés alatt történik, az sem okoz megfeleléség nehézséget	1

A táblázatból következik, hogy a Cool Chemistry berendezés, noha elméletileg borzalmas következményekkel járhat a megtámadása, az egész folyamat ismeretében a legkevésbé kockázatos. Ugyanakkor a csőmosó berendezés SCADA-ja elleni támadás járna a legsúlyosabb következményekkel.

Eredmények, a módszertan igazolása

A módszerrel az elmúlt 4 évben számtalan vegyi üzem következményét mértük fel. Számos esetben derítettünk fel olyan súlyos következményeket, amelyet hagyományos módszerrel nem ismertünk volna fel. Álljon itt három példa.

1. Csővezetési SCADA rendszer, Közel Kelet, olajipar.

A SCADA rendszer nem lát el vezérlő funkciókat, nem avatkozik be a csővezeték működésébe. Hagományos szemlélet mellett ezt a rendszert alacsony következményű rendszerré kellett volna nyilvánítani. A kvalitatív elemzés során viszont megtudtuk, hogy a SCADA képernyőjéről leolvasott nyomás és hőmérséklet értékek alapján adják ki a karbantartóknak a hegesztési engedélyeket. Innentől kezdve a rendszer magas következményű rendszernek lett tekintve, mert ha egy támadás miatt nem valós nyomásértékeket mutat a SCADA, és emiatt kiadnak egy hegesztési engedélyt egy nagynyomású szakaszra, az emberéletben is súlyos kárt okozhat

2. Csőszivárgást jelző rendszerek, Közel Kelet, olajipar
Két országos csőszivárgást jelző rendszert vizsgáltunk. A rendszerek rendeltetése, hogy meghatározzák egy szivárgás helyét pár m pontossággal a csővezetéken. Eleinte megállapítottuk, hogy a rendszereknek alacsony a következménye, mert egy szivárgás helyét pár óra alatt egy járőr is megtalálja. De a kvalitatív elemzés alatt kiderült, hogy a két rendszer közül az egyik egy olyan csőhálózaton volt, amelynek egy része föld alatt van. Itt megemeltük a következményt.

3. Vegyipari üzem, Magyarország
Egy üzem gázkromatográf állomását eleinte alacsony következményűnek gondoltuk, mert a rendszer nem játszik semmilyen szerepet a gyártásban, nem jelent veszély a hibás működése. De a kvalitatív elemzés kimutatta, hogy nem lehet árút elszállítani az üzemből gázkromatográfiás elemzés és az az alapján kiadott üzemi tanúsítvány nélkül. Itt is megemeltük a következményt.

Hivatkozott irodalom:

- [1] ISA/ ANSI-62443-3-2-2020, Security for industrial automation and control systems, Edition 1.0 2020-06 Part 3-2: Security risk assessment for system design
- [2] MSZ EN/IEC61508 2010:CMV

- [3] WSH council Singapore, 2017: Workplace Safety and Health Guidelines Process Hazard Analysis

- [4] Hal Thomas Leveraging ISA 62443-3-2 For IACS Risk Assessment and Risk Related Strategies,

- [5]ANSI/ISA 62443-2-1 (99.02.01)

- [6] NIST Special Publication 800-30 rev.1, Guide for Conducting Risk Assessments

- [7]Cyber Process Hazard Analysis and Risk Management. National Cyber-Infor med Engineering Strategy June 29, 2021, Andrew J. Clark,

- [8]Ian Cameron, Sam Mannan, Erzsébet Németh, Sunhwa Park, Hans Pasman, William Rogers, Benjamin Seligman , 2017 Process hazard analysis, hazard identification and scenario definition: Are the conventional tools sufficient, or should and can we do much better? Process Safety and Environmental Protection

- [9]Daniele Del Sale, 2020 Operational Technology Services to Support Business Activities

- [10]Sandeep Gogineni Ravindrababu, Jim Alves-Foss 2020 Analysis of Vulnerability Trends and Attacks in OT Systems

- [11]Ying Yao, 2022 PLC Controller in Electric Control System. Ying Yao, Journal of Electrotechnology, Electrical Engineering and Management) Clausius Scientific Press, Canada

- [12]A. Polenghi, I. Roda, M. Macchi, A. Pozzetti Data taxonomy to manage information and data in Maintenance Management. Department of Management, Economics and Industrial Engineering, Politecnico di Milano, Piazza Leonardo da Vinci 32, Milan 20133, Italy

- [13]Yulia Cherdantseva, Pete Burnap, Andrew Blyth,Peter Eden, Kevin Jones, Hugh Soulsby, Kristan Stoddart 2021 A review of cyber security risk assessment methods for SCADA systems ,

- [14] Abraham Serhane, Mohammad Raad, Raad Raad, Willy Susilo PLC Code-Level Vulnerabilities
- [15] J. Beringer, J. Kurz Hospital laundries and their role in medical textiles,
- [16] Daria A. Gaskova , Aleksei G. Massel Modeling scenarios of extreme situations in the energy sector caused by cyber threats,
- [17] ISA ANSI 63443-1-1, 99.01.01.2007 Security for industrial automation and control systems Part 1.1 terminology, Concepts and models

ANGOL NYELVŰ CIKKEK

Daniel Salyi, Döníz Borsos: Bionic Hand with Phalanx built-in servos

Óbuda University, Kandó Kálmán Faculty of Electrical Engineering

Abstract: Losing one or both hands is a devastating experience, as the human hand is used for numerous activities. As a result, restoring a lost limb is a rather important goal, to give back a lost functionality to a user. Currently, most academic papers use a muscle-like approach to achieve such an object, while commercially available solutions to restore one's limb are done by embedded motors and controllers.

In this paper, we focus on creating a prosthetic hand, as close to biomimicry as possible, by embedding a DC motor, a controller and a series of gears into each phalanx of the hand. This is achieved with inexpensive and readily available components and technologies such as 3D printing. The device could be used for telemanipulation and as a prosthetic.

Keywords: Bionic Hand, servo, Biomimicry

1. Introduction

Admittedly, losing one or both hands is a devastating experience, as the human hand is used for numerous activities. As a result, restoring a lost limb is a rather important goal, to give back a lost functionality to a user. However, most academic papers use a muscle like system to achieve such an object, while commercially available solutions to restore one's limb are done by embedded motors and controllers.

The aim of this paper is to create a prosthetic hand, as close to biomimicry as possible, by embedding a DC motor, a controller and a series of gears into each phalanx of the hand. This device could be used for telemanipulation and as a prosthetic.

2. Development

First, let us consider some of the parameters of the human hand.

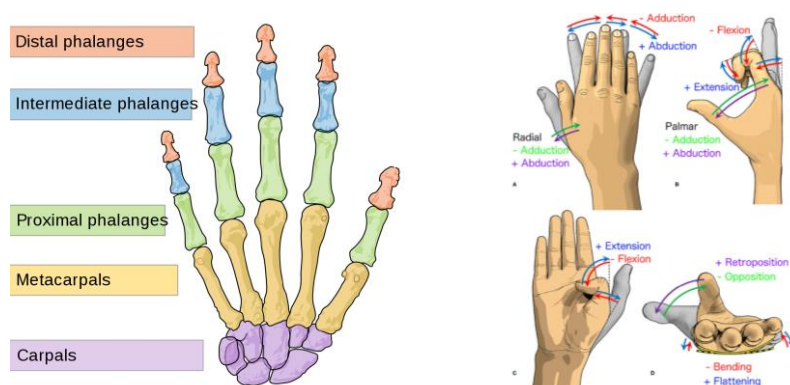


Figure 1. Skeleton and movements of the hand [1][2]

The skeleton of the hand consists of 27 bones, 14 of which are found in the fingers, as figure 1 depicts. Another terminology which is worth considering, is the movements of the fingers, illustrated on figure 1.



Figure 2. SG90 from TowerPro and Bourns potentiometer [3][4]

Taking a closer look at the components, there are two main items. The first one is the SG90 micro servo from TowerPro. However, it is too large for a phalanx, thus, the servo is disassembled and fitted into a plastic body, which was individually designed and 3D printed.

However, the potentiometer from the SG90 is too large to fit in any design and it is hard to interface. To solve this issue, it was replaced by another potentiometer which has a D-shape hole in the middle. This way, the potentiometer seamlessly blends in the design. The component used is named Bourns 3382G-2-502G and illustrated on figure 2.

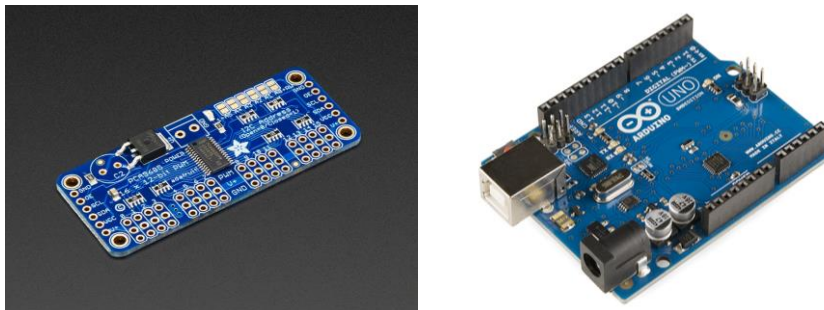


Figure 3. 16-channel PWM driver and Arduino UNO

Continuing with the control system of the device, there are 16 joints that we would like to actuate, as each joint corresponds to a servo, a 16-channel PWM driver is exploited to control all 16 servos.

Additionally, a microcontroller is employed with a popular Arduino Uno. To provide information to the microcontroller of the position of the joints, a laptop transmits the data. Figure 4 illustrates the relationship between the components.

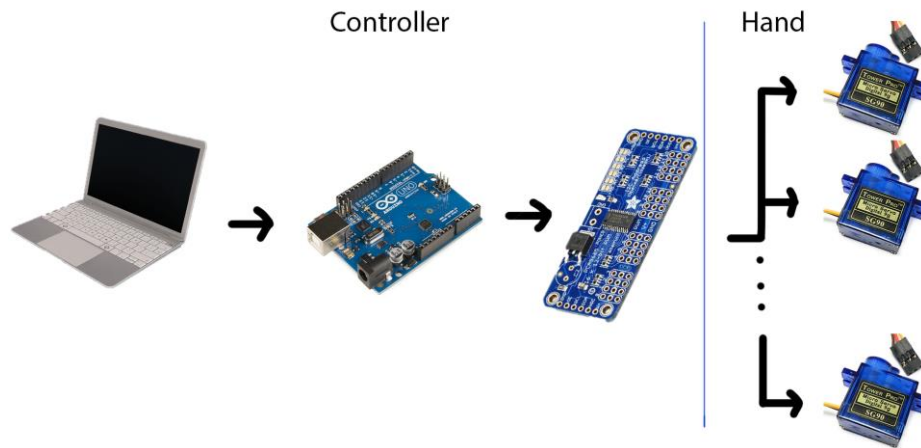


Figure 4. System Overview

In this paper, a 3D printer was used to print out the components which were designed in Fusion 360.

3. Results

Continuing with the bionic hand, figure 5 shows the device fully assembled.



Figure 5. Fully assembled Bionic hand from the back and the front

The device mimics a right hand, with 5 fingers.

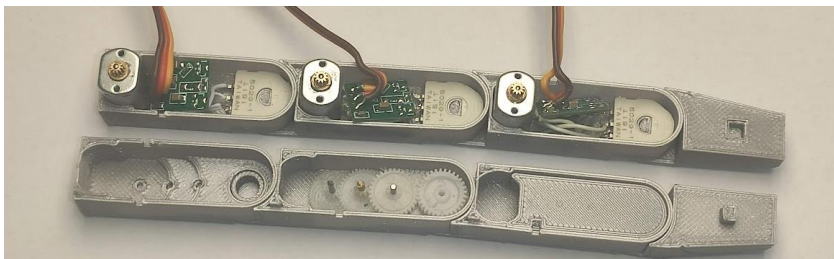


Figure 6. Fully assembled finger inside

Figure 6 depicts a finger of the bionic hand, where the motor, potentiometer and the control board of the phalanges is shown.

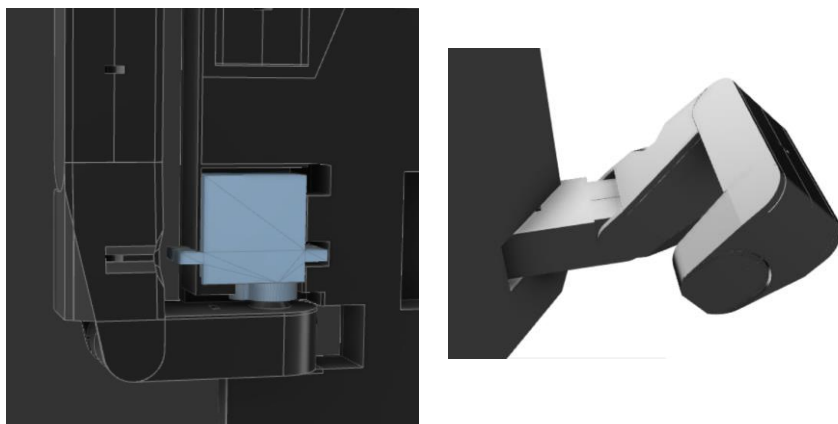


Figure 7. Thumb of the bionic hand

The bionic hand's thumb has 4 joints which provides 4 degrees of freedom to the device, whereas the human hand has 5.

To measure the capabilities of an upper limb prosthesis, a test was developed by Colin Light, Paul Chappell and Peter Kyberd in 2002 at the University of Southampton, which was named SHAP test (The Southampton Hand Assessment Procedure). It is a clinically validated hand function test that is made up of 6 abstract objects and 14 Activities of Daily living. The test is mainly focused on the user and his/her ability to manipulate objects, therefore the latter aspects of the test were omitted. We focused more on the 6 grip patterns of the hand, which are depicted on figure 8. [7]

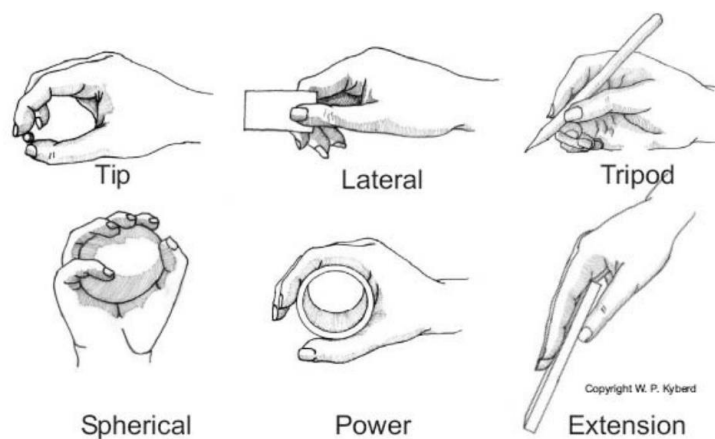


Figure 8. SHAP test [7]

The objects used in this paper are common household objects, such as a tennis ball, lipstick and PET bottles. Figure 9 illustrates the bionic hand performing the grip types specified by the SHAP test.

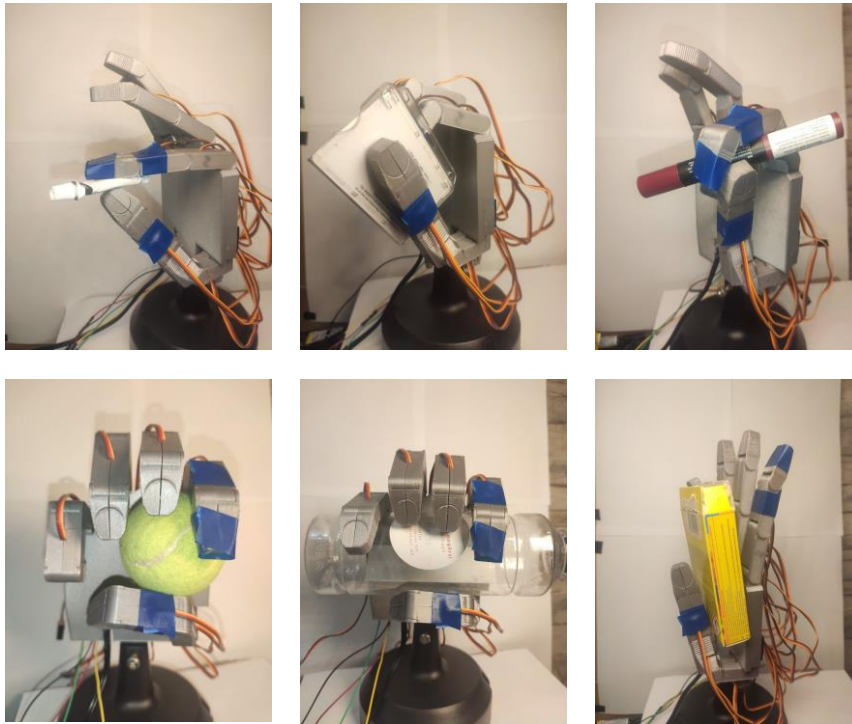


Figure 9. SHAP test results

The bionic hand can perform all the 6 grip types.

4. Conclusion

To conclude, this paper created a bionic hand with phalanx built-in servos, which was able to perform all 6 types of grips specified by the SHAP test. Therefore, it could be a functional prophetic hand.

5. Reference

- [1] Contributors to Wikimedia projects, “Hand,” Wikipedia, Oct. 20, 2022. <https://en.wikipedia.org/wiki/Hand> (accessed Oct. 29, 2022).
- [2] J.-J. Cabibihan, “FIGURE 5,” ResearchGate, Jan. 11, 2021. https://www.researchgate.net/figure/Various-movements-of-the-fingers-A-The-radial-abduction-adduction-of-the-thumb-and_fig5_348437896 (accessed Oct. 29, 2022).
- [3] “Amazon.com: American Robotic Supply Tower Pro SG90 Digital Servo,” 2 Pack: Toys & Games. <https://www.amazon.com/American-Robotic-Supply-Authentic-Digital/dp/B0783NS32R> (accessed Oct. 30, 2022).
- [4] “Bourns 5k Ω Potentiometer SMD, 3382G-1-502G,” RS. <https://uk.rs-online.com/web/p/potentiometers/7703153> (accessed Oct. 30, 2022).

[5] Contributors to Wikimedia projects, “Arduino,” Wikipedia. <https://hu.wikipedia.org/wiki/Arduino> (accessed Oct. 30, 2022).

[6] A. Industries, “Adafruit 16-Channel 12-bit PWM/Servo Driver - I2C interface,” I2C interface [PCA9685] : ID 815 : \$14.95 : Adafruit Industries, Unique & fun DIY electronics and kits. <https://www.adafruit.com/product/815> (accessed Oct. 30, 2022).

[7] G. Merrett, “SHAP: Southampton Hand Assessment Procedure.” <http://www.shap.ecs.soton.ac.uk/about-pubs.php> (accessed Oct. 30, 2022).

Istók Róbert: Test of High Voltage Capacitors

Óbuda University, Kandó Kálmán Faculty of Electrical Engineering;

Institute of Automation and Energy Systems, 1034 Budapest, Bécsi út 96/B Budapest, Hungary,
istok.robert@kvk.uni-obuda.hu

Abstract: This paper present three measurement types which are using in case of high voltage capacitors tests. One of measurement is the partial discharge test. This is used for capacitors insulating testing. The measurement system used during the test, should measure up to 200kV. Because the measurement system is sensitive to background electromagnetic noises, it is very important that the measurements have to be done in a poor electromagnetic noise environment. The second measurement is the capacitance measurement test, which should be done together with the third measurement type, which is the dissipation factor test. This kind of tests are used for testing the quality of the electrical insulation of capacitors. The dielectric losses of the capacitor insulation should be influenced by polarization, conduction and surface currents too. The upper range of the measurement system is 200kV too.

Keywords: coupling capacitor, partial discharge, schering bridge, dielectric polarization, dielectric losses

1. Introduction

The high voltage capacitors have a wide range of application, as power factor correction, harmonics rejection, [1]. Another field where the capacitors are used is the photovoltaic systems, where the DC-link capacitors absorb the high DC current pulses. In some situations the high voltage capacitors should be used for high frequency noise emission filtration too. For example this kind of capacitors should be placed on the top of the locomotive to filter the high frequency signals used for communication throught the power supply lines. Another spacial use of high voltage capacitors is the high voltage laboratories, where these capacitors should be used as coupling capacitors for partial discharges measurements or in capacitive voltage dividers.

2. Test methods of high voltage capacitors

2.1 Partial Discharge Measurements

The partial discharge (PD) is a dielectric breakdown and appear in small portion of a dielectrics materials. The partial discharge appear when the electric field is higher than the dielectric strength in a given point of insulation material [2]. In figure 1 is presented an example of two energized solid dielectrics. In figure 1a is presented an energized solid dielectric whitout any deffect. The electric field lines are paralel, and homogen. In figure 1b, in the middle of the solid dielectric material there is a void filled with air. It is well know that the permittivity of the air is lower, this is the reason why the electric field strength is higher in that place of the dielectric material. If the energizing voltage is enough higher, there will appear the partial discharge inside of void.

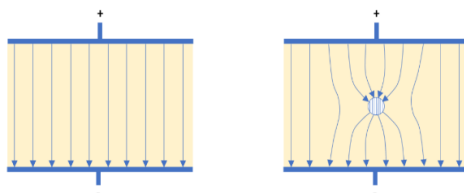


Figure 1a

Figure 1b

Figure 1 Two energized solid dielectrics [3]

In figure 2 is presented the measurement system used at Óbuda University. It contains next:

- voltage regulator from 0V to 400V
- step up transformer up to 200kV
- Coupling capacitor 200kV 1nF
- PD detector and measuring impedance

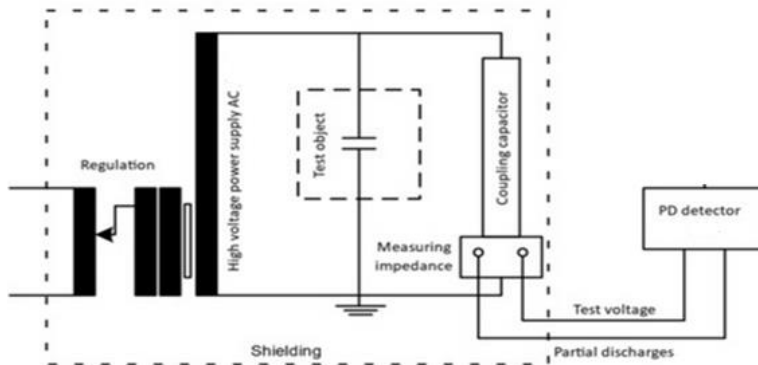


Figure 2 Partial discharge measurement system

The measurement system is located in a shielded room, because it is very sensitive to electromagnetic noises. The maximum current in the system is 0,5A. Over this current the power supply is switched off automatically. Because the PD source is not accessible directly for the measurement system, there have to be done a calibration. The calibrator is a source of know impulses and should be connected in paralel with the test object. The PD detector measure the effect of these pulses, and the calibration is done. In figure 3 should be seen the measurement results of the calibration. In this case there was used a 20pC puls. Another information from the figre is that the background noise is under 1pC. The background noises are coming in the measurement system throughth power supply. In figure 4 is presented the measurement results of a 1nF 50kV capacitor. It should be seen that there is not any partial discharge inside of capacitor. In figure 5 is presented a measurement result of same type capacitor, where are partial discharges inside of capacitor. These capacitors are filled with oils. Some times the partial discharges appear inside of capacitors because in the oil remains air bubles.

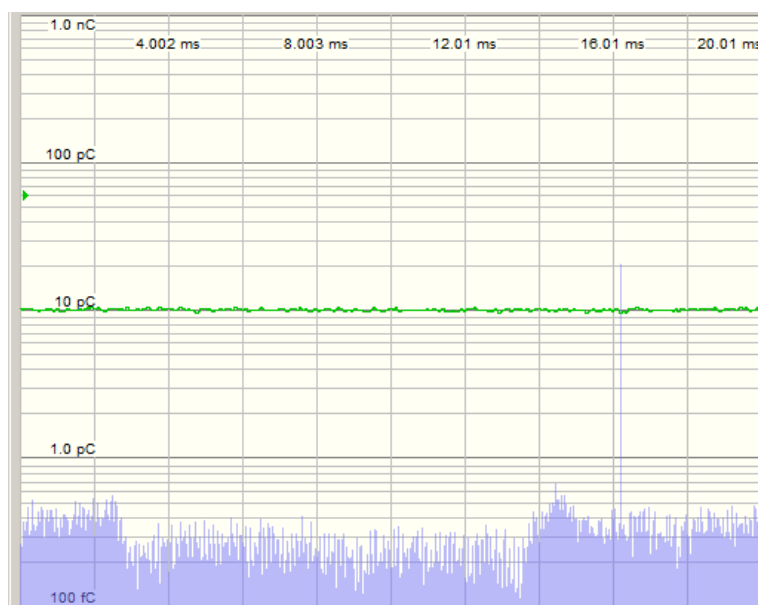


Figure 3 Calibration of partial discharge measurement system

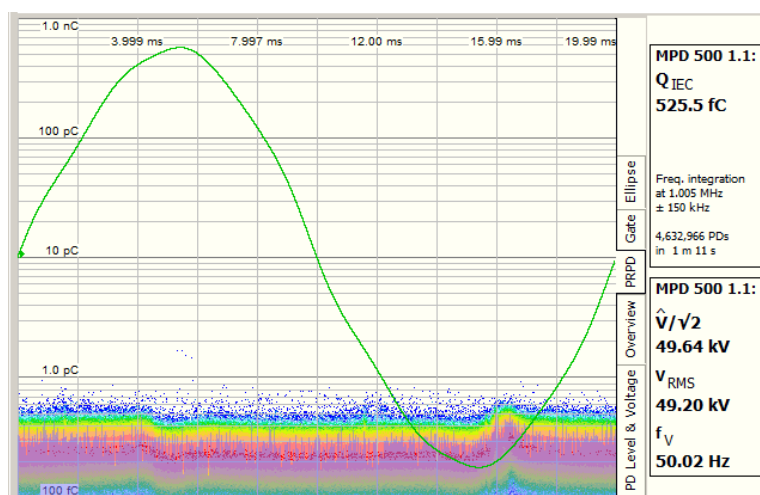


Figure 4 Measurement result without partial discharge

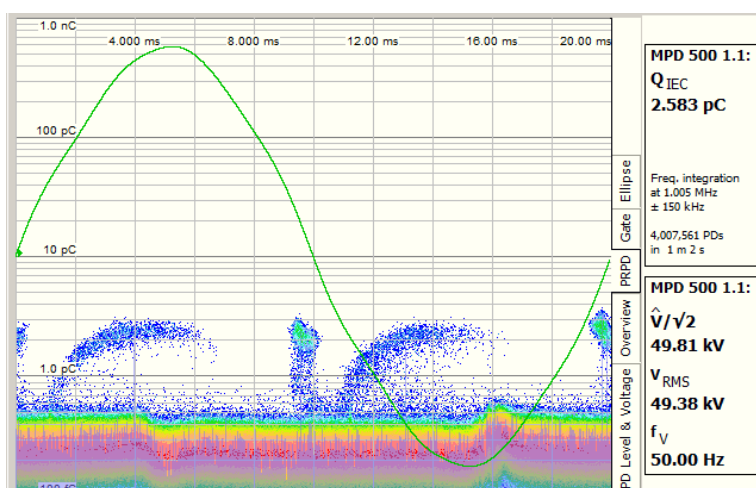


Figure 5 Measurement result with partial discharge

2.2 Measurements of Capacitance and Dissipation Factor

The measurement of capacitance and dissipation factor should be done in conformity with 60034-27-3 [4]. In case of an ideal capacitor, there is not any kind of losses. The current vector is faster with 90° compare to voltage vector, but in reality there are some losses determined by: conduction, surface currents or dielectric losses due to polarization. In this case the angle between current and voltage is lower than 90° . The most simple representation of a real capacitor is a capacitor in paralel with a resistance. The resistance represent the losses. If the current throught the resistor is higher then the losses are bigger. In figure 6 is presented a high voltage Schering Bridge measurement system which is used for measurement of dielectric looses and capacitances of capacitors. The difference between normal and high voltage measurement systems is that for high voltage bridge the B point is grounded. This grounding is necessary for operator safety point of view. The measurement system contains the next:

- voltage regulator from 0V to 400V
- step up tranfomator up to 200kV
- C1- The unknown capacitor

- R_1 - A series resistance representing dielectric loss in the capacitor C_1
- R_3 - a non inductive resistor
- R_4 - a variable non-inductive resistor
- C_2 - a standard capacitor, which is loss free. It is filled with SF6 gas
- C_4 - variable capacitor paralell with R_4

The C_1 and C_2 capacitors are high voltage capacitors and have high impedances. The impedances of R_3 and C_4 - R_4 components are lower compare to first two.

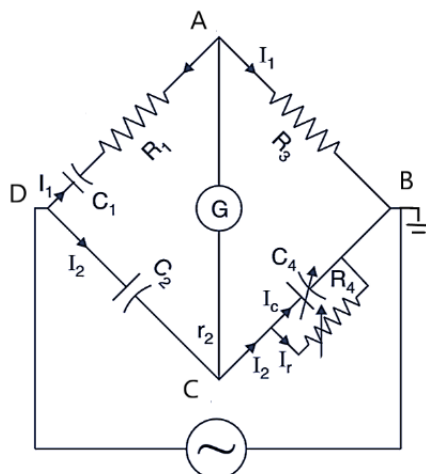


Figure 6 Schering bridge measurement system

The measurement method is next: With help of variable capacitor and resistor C_4 - R_4 the the ballanced condition is reached and the capacitance and the dissipation factor is reading. Typically for the same capacitor the measurement is done for five different voltages. In table 1 is presented a measurement results for a 1 nF 50kV capacitor. In case of capacitor filled with SF6 gas the dielectric loss is zero.

Table 1

Contains the result of comparing in pairs with the final result

U(kV)	C(pF)	$\text{tg}\delta(10^{-4})$
9,860	993,718	9,18
20,32	993,512	7,7
30,42	993,557	7,62
39,67	993,713	7,73
50,37	993,987	8,42

Conclusions

Typically the high voltage capacitor are used in hard accessible places where their changes are not so simple. This is the reason why it is a good method if every capacitor is tested by the manufacturer. This kind of test have to be done in high voltage laboratories.

References

- [1] Peter Holcsik, Judith Pálfi, Zsolt Čonka, Kocsis István Bence, „Fault Point Location Method, Based on Harmonics Analysis of a Distribution System” ACTA POLYTECHNICA HUNGARICA 19 : 4 pp. 147-164. , 18 p. 2022
- [2] IEC 60270:2000+AMD1:2015 CSV Consolidated version, High-voltage test techniques - Partial discharge measurements
- [3] Matthew Sze, Mathieu Lachance: A Guide for Partial Discharge Measurements on medium voltage (MV) and high voltage (HV) apparatus, Omicron Technical paper , october 2020
- [4] IEC 60034-27-3:2015 Rotating electrical machines - Part 27-3: Dielectric dissipation factor measurement on stator winding insulation of rotating electrical machines

Attila Bencze, Virág Horváth, Miklós Berta: Causality detection in magnetic confined fusion plasma parameters

¹Electrophysics Institute, Óbuda University, 1034, Budapest, Bécsi út 94-96, Hungary; bencze.attila@uni-obuda.hu

²Department of Computational Sciences, Wigner Research for Physics, 1121, Budapest, Konkoly-Thege Miklós út 29-33, Hungary, bencze.attila@wigner.hu; vi.hrvth@gmail.com

³Department of Physics and Chemistry, Széchenyi University, 9026, Győr, Egyetem tér 1, Hungary; bertam@sze.hu

Abstract: In this paper we introduce information theory-based transfer entropy method to analyse tokamak data, specifically in connection to Edge Localised Mode instability. Using synthetic data, we first show how the transfer entropy approach can be superior to linear methods, then we analyse actual experimental data measured by Li-beam emission spectroscopy and by magnetic Mirnov-coils using information theoretical methods in order to quantify the strength and the direction of causal relation between plasma measurement time recordings.

Keywords: causality; fusion plasmas; transfer entropy

1. Introduction

Modern causality detection methods are widely applied in different scientific fields such as ecology [1], economic and financial sciences [2], neuroscience [3]. Unfortunately, little has been done in application of these methods in time series recorded in magnetically confined fusion plasmas [4].

The present contribution aims at expanding the field of application for Li beam emission spectroscopy (LiBES) signals and Mirnov coil recordings collected on COMPASS tokamak. Edge Localized Modes (ELMs) are periodic magneto-hydrodynamic instabilities which are seen in all diagnostic signals. The ELMs are usually described by the so-called “peeling-ballooning” model, where the “peeling” part refers to an electric current instability (Mirnov signal) while the “ballooning” part is a pressure driven instability (LiBES signal). The causal relation between these two parts is a question investigated by the present contribution using transfer entropy as the measure of directed connection between plasma density and magnetic field strength. The results are compared with the more conventional correlation analysis and mutual information calculations.

2. Methods

2.1. Information theory basics

Information as a fundamental concept is at the core of every science, often not explicitly stated, e.g., in quantum mechanics there is a zeroth axiom which says that the information is preserved and cannot be destroyed. Let’s assume that we have a discrete random variable X and one of its realizations x_i . If the probability of observing x_i is $p(x_i)$, the Shannon information [5] content of observing x_i is:

$$\text{Shannon information} = \log_2 \frac{1}{p(x_i)} = -\log_2 p(x_i) \text{ bits.}$$

From the formula it is clear, that the more unlikely the outcome is the more information it carries. If the random variable X has m different outcomes with probabilities:

$p(x_1), p(x_2), \dots, p(x_i), \dots, p(x_m)$, the average value of information content is called Shannon entropy:

$$H(X) = - \sum_{i=1}^m p(x_i) \log_2 p(x_i).$$

In order to discover causal connection between different processes, described by random variables X and Y, we can try to estimate the common information content present in both processes. This can be done using the joint probability distribution and constructing the so-called mutual information [6]:

$$I(X, Y) = H(X) - H(X|Y),$$

where $H(X|Y)$ represents the uncertainty (entropy) remaining in variable X after knowing the value of Y (conditional entropy). This measure is symmetric with respect to X and Y. It would be very useful to somehow quantify the direction of possible information transfer, if any, between X and Y. The concept of transfer entropy has been developed exactly towards this end [7]:

$$T_{x \rightarrow y} = H(Y_t | Y_{t-1:t-L}) - H(Y_t | Y_{t-1:t-L}, X_{t-1:t-L}),$$

where the first term $H(Y_t | Y_{t-1:t-L})$ is the uncertainty remaining in Y at time t (present) after knowing the past values (L long history length, number of time steps) of Y, while $H(Y_t | Y_{t-1:t-L}, X_{t-1:t-L})$ is the uncertainty remaining about the present of Y knowing both the L-long past of Y and X. In summary one can say that the transfer entropy quantifies the amount of uncertainty reduction in the future values of Y knowing the past values of X given the past values of Y.

2.2. Edge Localized Modes in magnetically confined plasmas

High confinement mode (H-mode) in magnetically confined toroidal plasmas (tokamaks for short) has been discovered decades ago making commercial fusion energy production a realistic possibility [8]. One important characteristic of the H-mode plasma is the presence of periodic plasma burst called Edge Localized Modes (ELMs) [9], which are basically MHD instabilities causing the relaxation and rebuilt of the H-mode pressure profile. Qualitatively the peeling-ballooning model of the ELM cycle consists of two processes, see Figure 1, first the pressure gradient increases until the point where a self-driven plasma current, called bootstrap current, is induced. As the bootstrap current increases a current instability develops and the pressure profile crashes, and the cycle starts again.

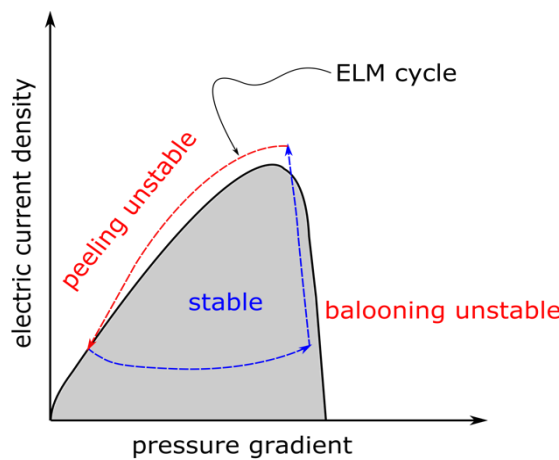


Figure 1 Stability diagram in the framework of peeling-ballooning instability model, showing the ELM cycle

From experimental/diagnostic point of view the effect of ELMs can be seen on almost all diagnostic signals. The most relevant measurement would be the simultaneous and fast local measurement of both plasma pressure and of the plasma current. Nowadays in tokamaks this is a difficult, if not impossible task, therefore some proxy measurements need to be performed in order to establish causal connection between different parts (quantities) of the model. In our case we use the Li-beam emission spectroscopy signal as the proxy of the local plasma density [10], and the Mirnov-coil signal [11] as the non-local approximation of the magnetic field strength.

3. Results

In this section we present the results of transfer entropy estimation in two different cases: first we use a simple nonlinear model to generate synthetic data to test the algorithm second, we apply this algorithm to real plasma signals.

3.1. Synthetic signal processing

As the most systems in nature, the fusion plasma is a complex nonlinear medium, therefore the usual linear approaches as cross-correlation and Granger causality analysis may lead to false conclusions. On the other hand, approaches based on information theory such as the transfer entropy can reveal nonlinear interactions even if the linear method fails. In order to demonstrate this point let's take two very simple nonlinearly connected random processes:

$$x_t = ax_{t-1} + b\epsilon_{x,t},$$

$$y_t = c\sqrt{|x_{t-1}|} + d\epsilon_{y,t},$$

where a, b, c, d are real, positive constants, and ϵ_x, ϵ_y are standard normally distributed random variables. From the formulae above it is clear that there is a nonlinear connection between X and Y and a directed causality $X \rightarrow Y$.

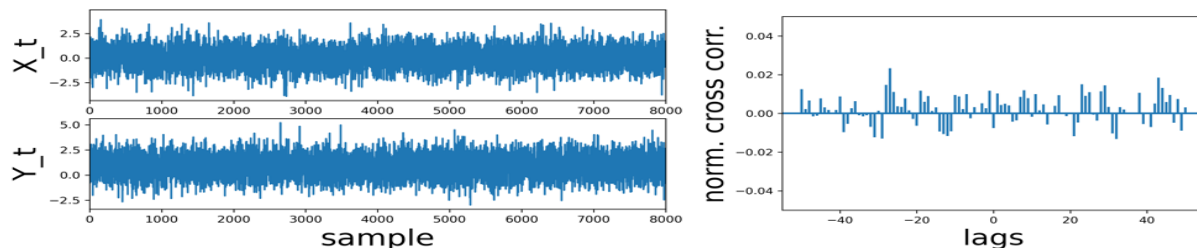


Figure 2

(left) 8000 samples long simulated synthetic signals $a=0.2, b=c=d=1$. (right) normalized cross-correlation function between X_t and Y_t

Figure 2 shows the nonlinearly coupled simulated signals (left), from the plot there is no visible connection between the signals, and this is confirmed by calculating the linear, normalized cross-correlation function (CCF) as a function of the time lag (right). The cross-correlation coefficients show very small correlation, below 2% at every time step.

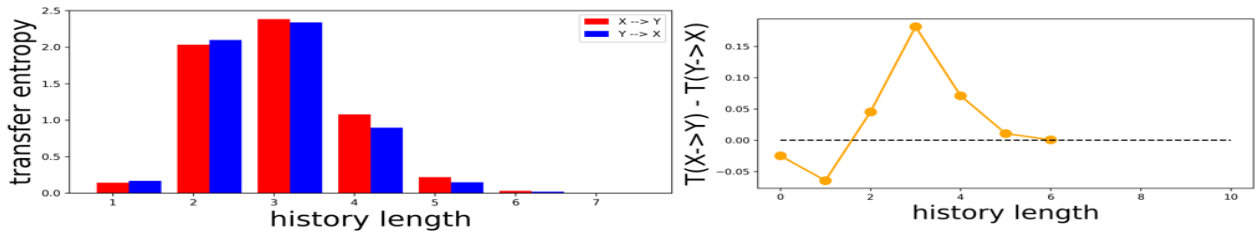


Figure 3

(left) transfer entropy estimation for simulated signals in both causality directions as a function of the history length L . (right) transfer entropy difference showing a peak at $L=3$ history length.

As it can be seen in Figure 3 using an optimal history length of $L = 3$ the transfer entropy calculation can reveal the correct nonlinear connection $X \rightarrow Y$ well above the noise level, here we have estimated the noise level from the difference transfer entropy at 0 history length.

3.2. LiBES and Mirnov-coil signal processing

In our analysis we use data acquired at Compass tokamak at Institute of Plasma Physics in Prague by two different diagnostics [12]:

(1) Lithium Beam Emission Spectroscopy (LiBES) measures the light intensity originated from the interaction of Li atoms injected into the plasma edge with the plasma electrons [13]. This signal is proportional to the local plasma density. The spatial resolution of the LiBES diagnostic is 1 cm, while the sampling rate of the Avalanche Photo Diode array system is 2 MHz [14]. The downsampled signal (effective sampling rate of 153.8 kHz) can be seen on the upper panel of the Figure 4.

(2) Poloidal array of 24 discrete Mirnov coils (called poloidal ring B) measuring the local B_θ (poloidal magnetic field) on 24 positions around plasma on toroidal angle 215.5° (for reference, the LiBES system is at a toroidal location of 180°), at 2 MHz sampling frequency. This Mirnov coil ring is the closest of the 3 rings to the LiBES system, therefore we used data from ring B, coil #1. The downsampled and pre-processed signal (effective sampling rate of 153.8 kHz) can be seen on the lower panel of the Figure 4.

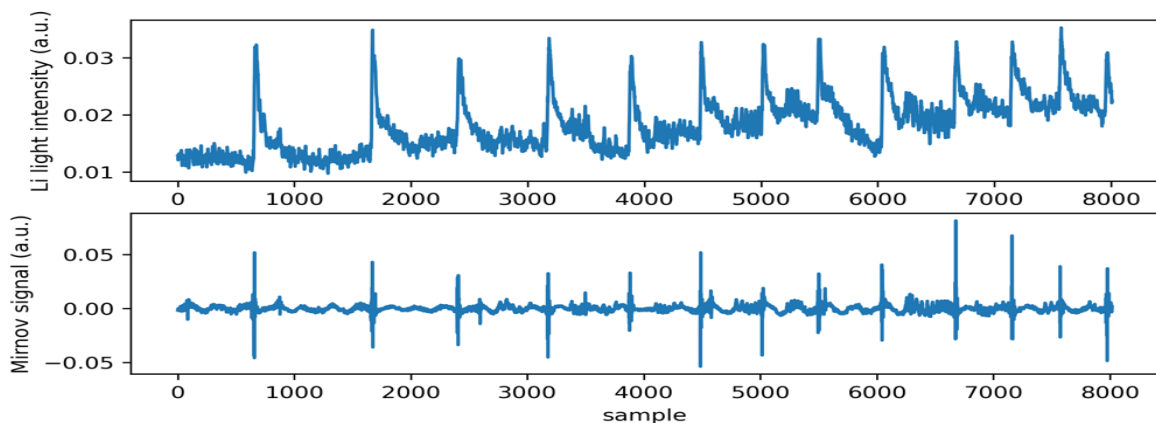


Figure 4

52 ms long portion of LiBES data from an ELMy H-mode (upper panel). 52 ms long Mirnov coil signal measuring the poloidal magnetic field at the outer midplane of the tokamak

The pre-processing of the signals consisted of two steps: a linear detrend and an amplitude rescaling to get the two signals in the same amplitude range. The critical point in the transfer entropy calculation is the estimation of the probability distributions for the individual signal as well as for the joint process (joint PDF). We have approximated these PDFs by the amplitude histograms using 20 bins for each variable. We have to note that the choice of bin number is critical and should be carefully analysed case by case.

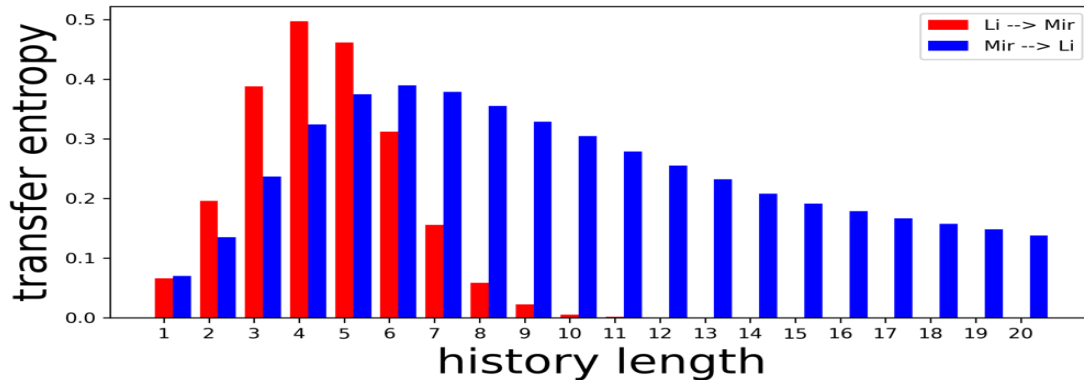


Figure 5

Transfer entropy estimation for real experimental signals in both causality directions as a function of the history length L .

Figure 5 shows that for history length longer than $L = 5$ the amount of information transferred from magnetic signals to density signals increases firmly establishing a Mirnov \rightarrow LiBES causal relation.

Conclusions

In the present contribution we have shown for nonlinearly interacting random processes, when the linear correlation cannot reveal any connection, that the transfer entropy can detect directed information flow. Analysing the information transfer between LiBES data and Mirnov coil data, we have found that the information is flowing from the magnetic signal towards the density signal at the plasma edge. This seemingly contradicts the ballooning-peeling paradigm presented in section 2. The explanation for this surprising conclusion can be that the LiBES signal captures the density pulse when the ELM filament propagates radially into the scrape-off-layer after the peeling phase which is located more towards the plasma core.

Acknowledgement

Authors would like to thank the COMPASS team for supporting our measurements during various experimental campaigns in the last few years.

References

- [1] Wang, Y., Yang, J., Chen, Y. et al. "Detecting the Causal Effect of Soil Moisture on Precipitation Using Convergent Cross Mapping". *Sci Rep* **8**, (2018), 12171
- [2] C. Calderón, L. Liu, "The direction of causality between financial development and economic growth, *Journal of Development Economics*", **72**, (2003), 321
- [3] Seth, Anil K., Adam B. Barrett, and Lionel Barnett. "Granger causality analysis in neuroscience and neuroimaging." *Journal of Neuroscience* **35.8** (2015): 3293-3297

- [4] Van Milligen, B. Ph, et al. "Causality detection and turbulence in fusion plasmas." *Nuclear Fusion* **54.2** (2014): 023011
- [5] Shannon, Claude Elwood. "A mathematical theory of communication." *The Bell system technical journal* 27.3 (1948): 379-423.
- [6] Duncan, Tyrone E. "On the calculation of mutual information." *SIAM Journal on Applied Mathematics* 19.1 (1970): 215-220.
- [7] Bossomaier, Terry, et al. "Transfer entropy." *An introduction to transfer entropy*. Springer, Cham, 2016. 65-95.
- [8] Wagner, Fritz. "A quarter-century of H-mode studies." *Plasma Physics and Controlled Fusion* 49.12B (2007): B1.
- [9] Zohm, Hartmut. "Edge localized modes (ELMs)." *Plasma Physics and Controlled Fusion* 38.2 (1996): 105.
- [10] Mandl, W., et al. "Beam emission spectroscopy as a comprehensive plasma diagnostic tool." *Plasma physics and controlled fusion* 35.10 (1993): 1373.
- [11] Colton, A. L., et al. "ELM studies on the COMPASS-D tokamak." *Plasma Physics and Controlled Fusion* 38.8 (1996): 1359.
- [12] Weinzettl, V., et al. "Progress in diagnostics of the COMPASS tokamak." *Journal of Instrumentation* 12.12 (2017): C12015.
- [13] Berta, M., et al. "Li-BES detection system for plasma turbulence measurements on the COMPASS tokamak." *Fusion Engineering and Design* 96 (2015): 795-798.
- [14] Dunai, D., et al. "Avalanche photodiode based detector for beam emission spectroscopy." *Review of Scientific Instruments* 81.10 (2010): 103503.

Zoltán Farkas, Antal Ürmös, Ákos Nemcsics: Analysis of Stock Price History of American Computer Related Chip Manufacturers

1 Department of Natural Sciences, Institute of Electrophysics, Óbuda University, 1084, Tavaszmező utca 17, Budapest, Hungary

2,3 Department of Microelectronics and Technology, Institute of Electronics and Communication Systems, Óbuda University, 1084, Tavaszmező utca 17, Budapest, Hungary

e-mail: [1farkas.zoltan@kvk.uni-obuda.hu](mailto:farkas.zoltan@kvk.uni-obuda.hu), [2urmos.antal@kvk.uni-obuda.hu](mailto:urmos.antal@kvk.uni-obuda.hu), [3nemcsics.akos@kvk.uni-obuda.hu](mailto:nemcsics.akos@kvk.uni-obuda.hu)

Abstract: The decade long price history of Standard and Poor's 500 index and three computer related semiconductor (chip) manufacturers is commented and compared to bitcoin price. It is concluded that the price change of only the AMD is comparable to that of bitcoin.

Keywords: stock price; semiconductor manufacturer; technical analysis; exchange price;

1. Introduction

A share is a security embodying an ownership relationship. In general, the shareholders of a company can have a say in the management of the company to the extent corresponding to their share of ownership, e.g. through the decisions regarding the person of the senior managers and the strategic directions. The shares of many companies are bought and sold on organized secondary markets - stock exchanges. According to general opinion, the company's stock exchange price (through the value judgment of the investor community, through supply and demand effects) refers to the company's expected profitability, product and resource market position. Of course, in the market, which is ultimately at the level of an unstructured, collective, distributed decision-making mechanism, there are phenomena that separate the evaluation of a given company or industry, or even entire national economies, from the value that can be considered economically rational. Popular e.g. to refer to the short-term positive feedback, self-stimulating processes of certain speculations. Nevertheless, the long-term development of stock exchange prices is just as pivotal to the description of economic processes as the periodic economic reports of a company or the income, monetary and fiscal data characterizing national economies.

In this article, we analyze the long-term evolution of the prices of the leading semiconductor companies involved in American computer technology (AMD, Intel, Nvidia), for which we also use the data series of the stock market indices that characterize the market prices at an aggregate level as background data. Data sources: stockcharts.com, finance.yahoo.com, macrotrends.net.

2. Explanation of possible deviations of exchange price records

The analysis of individual share prices over many decades requires considerable caution. There are three sources of potential anomalies beyond the reliability of the data. In most developed economies, fluctuating inflation was present during the period under review, so obviously the purchasing value of one American dollar (USD) was several times higher in 1980 than in 2022, when this study was written. The sources of the other two anomalies are the

companies themselves, or rather their management. On the one hand, companies can pay dividends, so compared to the day before the dividend, on the day after the dividend (assuming all other factors remain unchanged, which rarely happens on the stock market), the value of the stock decreases with the dividend. Economically (from the point of view of determining the value of the company), we act correctly if we consider the value of the dividend as part of the share price on the day after the dividend, technically this means that we use the dividend to buy the same share. On the other hand, for various reasons, companies sometimes decide on a share split, in which case the value of a share falls to the proportion corresponding to the level of the split on the day before the split. Thus, e.g. if a share is divided into ten shares on the trading day, the value of a split share will obviously fall to a tenth on the trading day. The stock split typically affects securities whose value has multiplied over the years. OTP, MOL and Richter are also excellent examples of this in the Hungarian securities market. In the decades after the issue, the price of the three mentioned securities reached HUF 20,000-100,000, which is high compared to Hungarian income conditions. After the division, the price of all three shares is currently It is in the range of 1500-20000 HUF. However stock splits and dividends may influence the stock price on other channels than the trivial ones discussed above [1].

An excellent example of the need for a stock split is the American Berkshire Hathaway. In 1962, Warren Buffett, one of the most successful and famous exponents of value-based investing, began buying shares in the patina textile conglomerate. The top manager of the company at the time first made a verbal purchase offer to Buffett at the price of 11.5 USD, and after Buffett turned the offer around, another purchase offer came from the same manager, this time at the price of 11.375 USD (at that time, the fraction of share prices in the USA was the 0.5 integer exponent expressed in powers). This ethically questionable move angered Buffett, who then ("just because") acquired majority ownership in Berkshire Hathaway, a company in an industry Buffett knew was in decline. Five years later, Buffett used his company to enter additional economic sectors and industries. At the start of the macrotrends.net data series (March 28, 1980), Berkshire Hathaway's price was \$280. The market turbulence around Black Monday 1987 pushed the exchange price back from 4,250 to 2,850 USD, which increased to 8,675 USD on December 29, 1989. On October 17, 1990, the rate was \$5,700, which rose to \$84,000 on July 6, 1998. On March 9, 2000, it reached its low after the mentioned peak at USD 40,800. The 2000s high was \$151,600 on December 11, 2007, which corresponded to a stronger American annual salary. This "mere" price tripling from low to high marks the more modest period of growth in Berkshire Hathaway's history. The next low was \$70,000 on March 3, 2009, and from there the stock price rose to \$544,400 on March 25, 2022, which is currently the all-time-high. (Figure 1 and Figure 2).

As mentioned above Buffett is widely considered as the doyen of value based investing (to which an alternative investment approach is the investing into a sortiment of „growth” stocks). However Martin and Puthurburackal states that the management of Berkshire Hathaway invested in large capitalization (large cap) growth stock rather than value stocks [2].

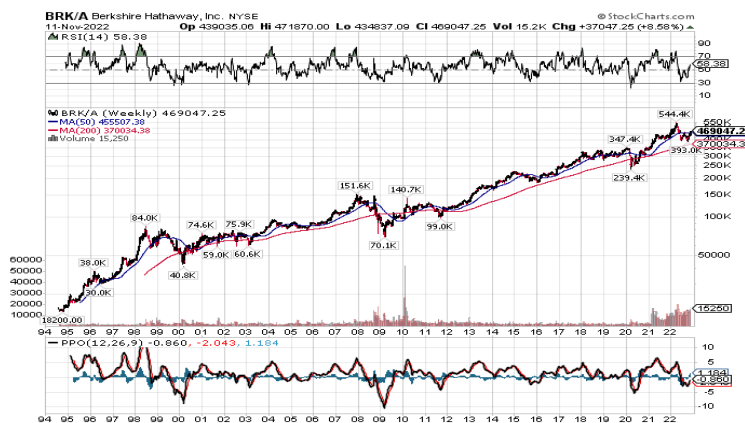


Figure 1

Price chart of Berkshire Hathaway (A series) (Chart Courtesy of StockCharts.com)



Figure 2

Price chart of Berkshire Hathaway (A series) (Chart Courtesy of StockCharts.com)

3. The Standard&Poor's 500

We somewhat arbitrarily choose the year 1980 as the starting point of our investigation. In October 1979 and April 1980, the Standard and Poor's 500 (hereinafter SP500) stock market index showing the weighted average price of the 500 leading American (USA) companies turned from a decrease to an increase of 100 points. The upward trend peaked at 140 points in November 1980, and then decreased from there until August 1982, where it again turned upward to just above 100 points. Subsequently, with minor fluctuations, the index rose to 333 points, which it reached on August 17, 1987, after which a considerable decrease began. On December 4, 1987, following the memorable "Black Monday" (October 19, 1987), it turned to an increasing trend again after the decrease at 223 points. After a period of slower growth, the index reached a maximum of 360 points on July 16, 1990, and then reached a minimum of 294 points on October 11, 1990, before the first Gulf War. After the "upturn" following the war, the index grew slowly, the period between the beginning of 1991 and the beginning of 1995 was good for the value of the index to rise from 360 to approximately 460. What followed was already the 21st century. century, we can date the Internet's gradual intrusion into our everyday life from 1995, at first it was a "toy" of university citizens and yuppie (young professionals), now it has become a critical infrastructure. The SP500 opened at around 459 points on January 3, 1995, and had a value of 1553 points on March 27, 2000. In this dazzling rise (approximately 25.7% annual return calculated with compound interest), the South-East Asian crisis (July

1997) and the Russian (in a broader sense, emerging market) crisis (from August 1998) only caused short pauses and declines of a few months (much more severe in the currency and income of the countries concerned). After stagnation, during the burst (correction) of the "dotcom bubble" (speculatively overpriced market) from 1,530 points on September 1, 2000 to a "triple bottom" between July 23, 2002 and March 11, 2003 (three local minimums can be observed on the price chart approx. at the same level) formation, fell to a minimum of 770 points (Figure 3).

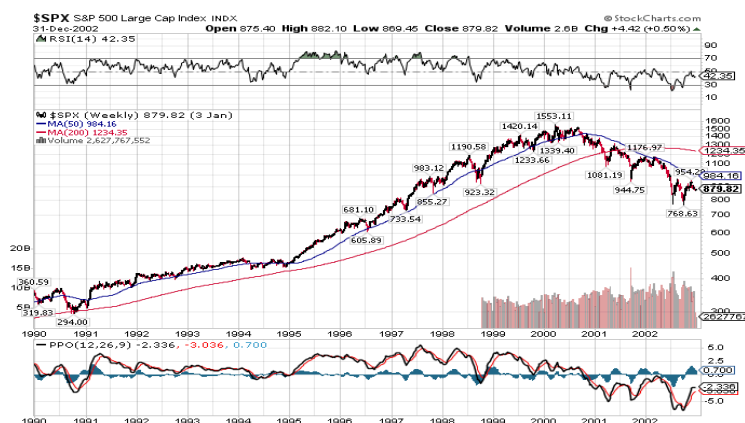


Figure 3

Price chart of SP 500 index (Chart Courtesy of StockCharts.com)

After that, the index was again characterized by a rebound, slow (2004-2006), and then rapid growth from September 2006 to July 17, 2007, which again turned from the exchange rate between 1550-1580 and again with a "double top" (two maximums on the price chart at approximately the same exchange price) into decline. Then came the biggest fall so far (the crisis of 2007, in the public mind of 2008), which the financial public considered the most serious crisis after 1929, the team of eternal optimists (who were realistic enough to have cash that could be used to buy assets even at the bottom of the crisis) called it a "once-in-a-lifetime opportunity to buy shares". Fortunately, the latter were right and the index rebounded after reaching the minimum value of 666 points on March 9, 2009 and reached 929 points on May 8, 2009. The long-term upward trend had setbacks (2018) and stagnation (2010-11 and 2015), but the trend remained until February 19, 2020, when the index peaked at 3389 points, and then fell back to 2020 due to uncertainties caused by the COVID epidemic. March 23 to 2237 points. From there, there was a rebound to 2,874 points on April 17, 2020, and then again a consolidated rise until the end of 2021, on January 3, 2022, 4,818 points was the current (October, 2022) authoritative maximum (Fig 4). Bayraktar, Poor and Sircar analyzed the fractal dimension of SP 500 index on minutewise data [3]. maximum.

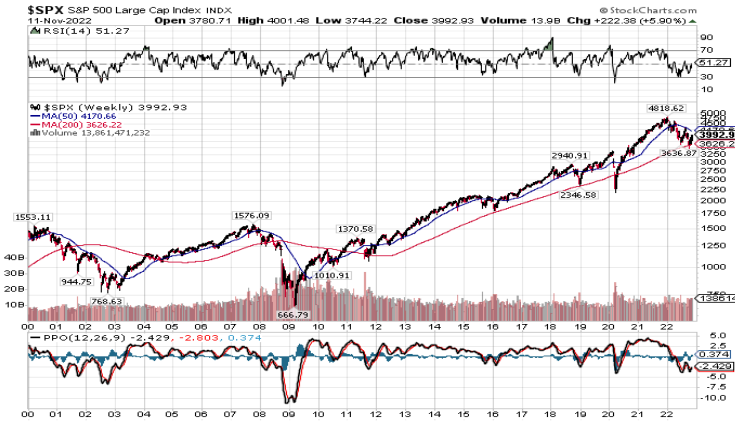


Figure 4

Price chart of SP 500 index (Chart Courtesy of StockCharts.com)

4. Chip manufacturers' price records

Price data for Intel on finance.yahoo.com and macrotrends.net starts at \$0.1893 on March 17, 1980. From there, with larger price changes ("fluctuations"), it rose to roughly \$0.9 by 1990-91.

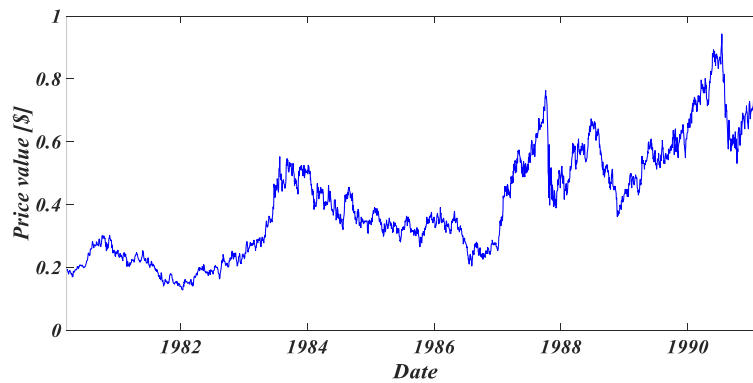


Figure 5

Price Chart of Intel Corporation between 1980 and 1991 (source of data: Macrotrends.net)

From there, over the next decade, the exchange price increased to almost 45 USD annually in a growth-stagnation-growth pattern. In the period in question, computer technology and the Internet entered the public consciousness (a rapid increase in the volume of computer production), and, as we saw in the development of the SP 500 index, it was also a favorable period for the American stock market as a whole.



Figure 6

Price Chart of Intel Corporation (Chart Courtesy of StockCharts.com).

At the beginning of the 2000s, the bursting of the "dotcom bubble" also affected Intel sensitively, the exchange price fell below USD 10, and from there it could not rise substantially and permanently above USD 20 in the following decade. The 2007-2008 crisis pushed Intel's price below \$10 again, from where it bounced back to around \$15 in 2010-11. Then there was another exponential rise, by 2020-21 the paper reached around USD 65, which is currently the authoritative maximum.

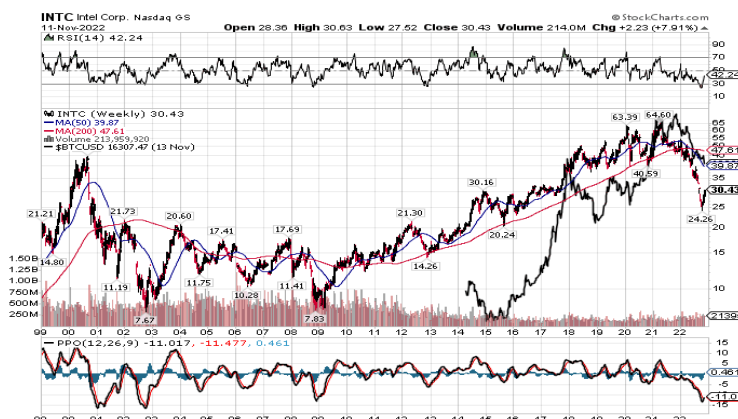


Figure 7

Price Chart of Intel Corporation with Logarithmic Chart of Bitcoin (Chart Courtesy of StockCharts.com)

AMD (Advanced Micro Devices) was founded in 1969, and its stock market history begins on March 21, 1981 at a price of \$8.685. The first high after that was \$20.2445, reached by the company on August 21, 1984. From there it fell to \$1.8745 in a multi-year downtrend with large swings on November 5, 1990. In the 90s, higher and higher peaks followed (10-15-23 USD) every year or two, but from these high values the exchange price always fell back to 5-10 USD. In 1999, the exchange price also fell below USD 10, from where it "spiked" to its peak value of USD 47.5 on June 21, 2000.

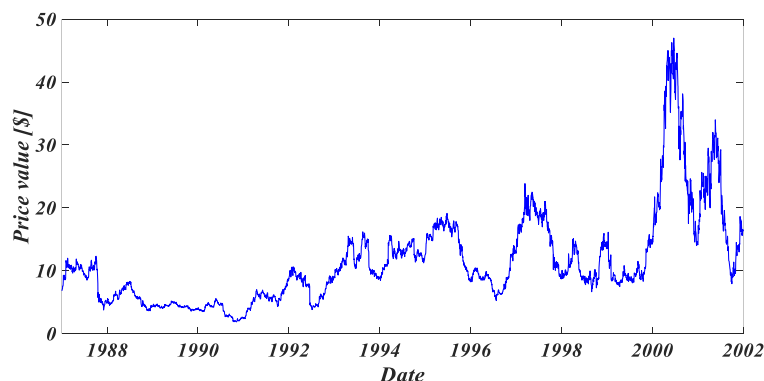


Figure 8

Price Chart of AMD Corporation (Data source: Macrotrends.net)

AMD's exchange price developed similarly in the period 2000-2022. Here, too, we can observe "spikes" on the price chart, but until 2018, the share price always fell well below \$10. The increase in the price of cryptocurrencies (bitcoin and others) has made the mass procurement of target hardware, including video cards (Graphics Processing Unit – GPU) worthwhile for cryptomining purposes. The growing demand for the products of GPU companies (primarily AMD and Nvidia in the American market). A very good detailing of the evolution of hardware of cryptocurrency „mining” has been written by Taylor in IEEE's Computer periodical [4]. The increase in product price and volume legally increased the profitability of the companies concerned and also the stock exchange price. This, and the appearance of the successful Ryzen product line on the processor market, explains the price increase after 2018, AMD's new stock market peak price, which was three to four times the previous peaks.

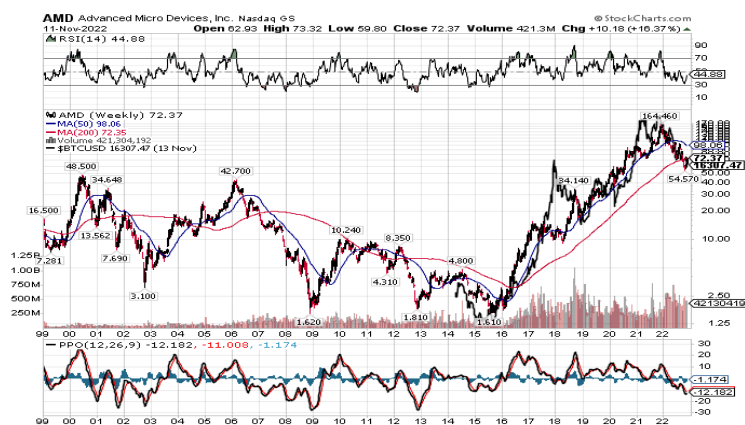


Figure 9

Price Chart of Intel Corporation with Logarithmic Chart of Bitcoin (Chart Courtesy of StockCharts.com)

The price history of Nvidia (stock abbreviation: NVDA) begins on January 22, 1999, around USD 0.4, it reached its all-time low on June 18 of the same year, at the level of USD 0.3136, from where it reached USD 5.55 on January 4, 2002. rose to It was a stormy period for listed companies and, within that, for the IT sector (this is the period of the "dot-com bubble burst"), so NVIDIA was able to "produce significant growth against headwinds. On October 8, 2002, the stock weakened to 0.575, then - as a result of the generally unexciting 2004-2007 rally for technology stocks - it rose to close to \$9 by October 22, 2007. In the crisis of 2007-8, far ahead of the market average in time, it hit its lowest point at 1.3556 USD on November 20, 2008, from where it shot up to a peak of 4.338 on January 6, 2010, more than a year later. After that, huge swings between USD 2 and USD 6 followed, and then the "construction" (slow

recovery of the new exchange price rise) began in April 2013 from the exchange price stabilizing around the USD 3 level. The logarithmic price chart showed a slower (until July 2015 - \$5.6) followed by a faster rise to almost \$70 (September 28, 2018). Let us note in parentheses that from 2015, the gradual integration of cryptocurrencies ("digital gold" - bitcoin and other little-known names) into the public consciousness began, and more and more people turned to "cryptomining", in which Nvidia's flagship product, the for video cards (Graphical Processing Unit - GPU) optimized for a large number of parallel integer operations. The exchange price therefore fell from the aforementioned peak of USD 70 to approximately USD 31 on December 26, 2018, from where it started another upward phase on May 31, 2019, after forming a triple bottom. The new rise took Nvidia's price to close to \$350 by the end of 2021, which is currently the authoritative maximum (Figure 10).

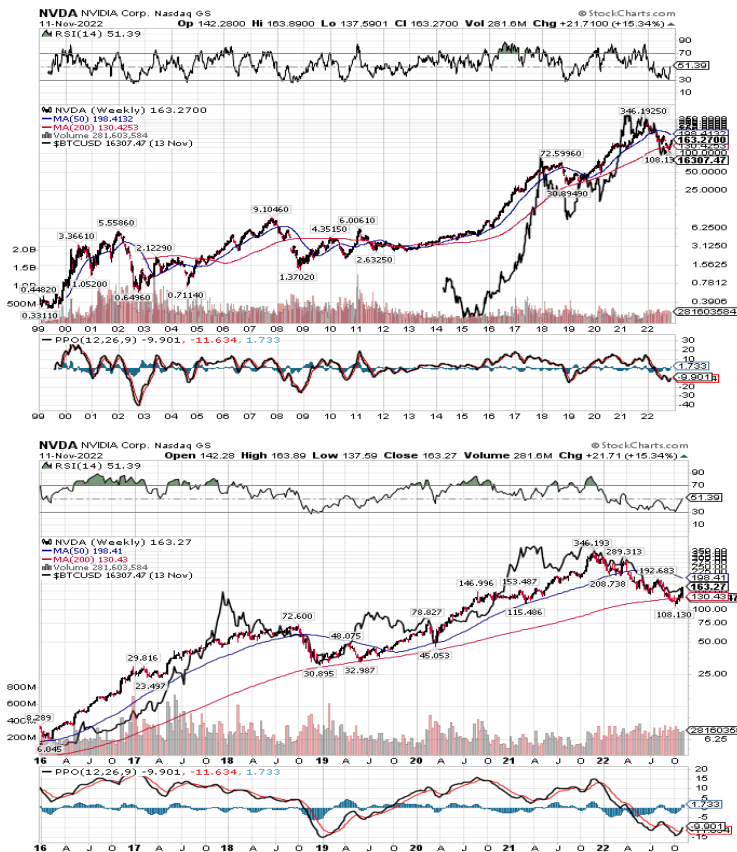


Figure 10

Price Chart of Nvidia Corporation with Logarithmic Chart of Bitcoin (Chart Courtesy of StockCharts.com)

Conclusion

Of the three semiconductor companies discussed in this study Intel had an exponential rise in the 90's and fluctuated thereafter. AMD had price positive spikes throughout the examined period, it is to be answered at this moment if the present relatively high price is just another major „spike” or a buildup of a consistently higher price. The exchange price of Nvidia grew roughly exponentially during the examined period.

Of the three company examined, the price action of only AMD was in accord with price dynamics of bitcoin. The Hungarian text was translated into English with the support of Translate.Google.com.

References

- [1] M.S. Grinblatt, R.W. Masulis and S. Titman: The valuation effects of stock splits and stock dividends. *Journal of Financial Economics* Vol 13/4. December 1984, pp. 461-490
- [2] G.S. Martin and J. Puthenpurackal: Imitation is the Sincerest Form of Flattery: Warren Buffett and Berkshire Hathaway. 26 Sept. 2005. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.806246>
- [3] E. Bayraktar, H. Vincent, K and R. Sircar: Estimating the Fractal Dimension of the S&P 500 Index Using Wavelet Analysis. *International Journal of Theoretical and Applied Finance* Vol 7/5. 2004 pp. 615-643
- [4] M.B Taylor: The Evolution of Bitcoin Hardware. *Computer* Vol 5/9. 2017. pp. 58-66, DOI: 10.1109/MC.2017.3571056

BARNABÁS PÁLFY, DR. JUDITH PÁLFI, Nándor Rója, András Cserna, Tamás Mihelik, Zsolt Nándor Vígvári, István Martin Süli, Bence Pálok, Dániel Basa: WIRELESS CHARGING POSSIBILITIES

(Head of Commercial at MVM Mobiliti Llc.)

(Óbuda University)

(roja.nandor@gmail.com) ÓBUDA UNIVERSITY – KANDÓ KÁLMÁN FACULTY

(andrascserna4@gmail.com) ÓBUDA UNIVERSITY – KANDÓ KÁLMÁN FACULTY

(tamas.mihelik@gmail.com) ÓBUDA UNIVERSITY – KANDÓ KÁLMÁN FACULTY

(vigvarinzs@gmail.com) ÓBUDA UNIVERSITY – KANDÓ KÁLMÁN FACULTY

(ragebill738@gmail.com) ÓBUDA UNIVERSITY – KANDÓ KÁLMÁN FACULTY

(palok.b1999@gmail.com) ÓBUDA UNIVERSITY – KANDÓ KÁLMÁN FACULTY

(basadani02@gmail.com) ÓBUDA UNIVERSITY – KANDÓ KÁLMÁN FACULTY

Our team expresses its gratitude and deep respect to **BARNABÁS PÁLFY** (Head of Commercial at MVM Mobiliti Llc.), who made our work much easier with his high-level market and industry insight. We would also like to thank **DR. JUDITH PÁLFI** (Óbuda University) who, in addition to significantly supporting the formation of our innovative idea, also helped us to get in touch with our mentor. Last but not least, we appreciate **BALÁZS ASZÓDI** (Parts Supply Planning and Warehousing Manager – Wallis Automotive Europe) for his guidance in our project.

THE MEMBERS OF THE TESLÁSOK.ÓE TEAM ARE *NÁNDOR RÓJA, ANDRÁS CSERNA, TAMÁS MIHELİK, ZSOLT NÁNDOR VÍGVÁRI, ISTVÁN MARTIN SÜLI, BENCE PÁLOK, AND DÁNIEL BASA.*

Abstract: One of the most critical issues of our time is energy saving, which can be seen because of rising energy prices and accelerating environmental changes. One way to do this is to bring electric cars to the fore. Unfortunately, in our current situation, the use of conventional cars with internal combustion engines provides a significantly greater feeling of comfort for the average user. Our work aims to offer the reader an alternative that reduces inconveniences and gives motivation to the indecisive ones toward the choice of electric cars. Because of the combination of these factors, we chose the topic of wireless vehicle charging possibilities. Our goal is to achieve this by comparing and reinterpreting existing concepts.

Keywords: energy saving, energy prices, environmental changes, electric cars, wireless charging possibilities

1. Introduction

As the title of our article highlights, the main idea of our project was the wireless charging of electric cars.

It is worth mentioning that considering the survey released by the Central Statistical Office in September 2021, pure electric cars and plug-in hybrids accounted for 5% of the new car sales in Hungary and the figure is on the rise. Without any exaggeration, we are able to say that the progression is unstoppable.

The reason for which we have chosen this project was that we are all interested in cars, and in the developments related to them. As it can easily be revealed by the reader, our main focus as electrical engineers of the future is especially the functionality of electric cars. After our research, we found ourselves entering the deepest waters of the automotive industry. The subject would have been one size too large for us, so we narrowed it down to the matter of their wireless charging.

As the recent trends show, wired solutions are part of our present but the future will be characterized by the wireless solutions. Many different electronic devices had already been using this method of charging such as smartphones and smartwatches. Nowadays technology has reached a level at which these chargers are almost as efficient as if they had used wired chargers. 20 years ago, nobody would have dared to think that this would ever be possible, so that begs a new question: why wouldn't this be possible for electric cars as well?

In this project, we were attempting to rely on Hungarian references as well as on international ones. We questioned whether our conception will be able to be implemented in the Hungarian industry in the next few years. In our work, we also covered the current projects of the Swedish luxury car manufacturer Volvo Cars in Gothenburg and the scientific research of the Stellantis Group in Italy. Finally, we talked about the challenges of environmental protection.

The main aim of our project was to introduce the reader to the current image of what charging electric cars looks like and to compare this conventional model to the latest conceptions. We were looking for viable solutions to level these two technologies, which are based on completely different standards. We aimed to do so both in finance and convenience.

Nándor Rója

2. Wireless charging – is there a need for it?

2.1. What is wireless charging? [2]

Wireless charging, also called wireless power transfer (WPT), is the technology that enables a power source to transmit electromagnetic energy to an electrical load through an air gap without interconnecting wires. This relatively new technology can be applied and used in many ways, from toothbrushes, to electrical vehicles, because of its highly convenient method.

„In 2014, many leading smartphone manufacturers, such as Samsung, Apple, and Huawei, began to release new-generation devices featured with built-in wireless charging capability. IMS Research envisioned that wireless charging would be a 4.5 billion market by 2016. Pike Research estimated that wireless powered products will triple by 2020 to a 15 billion market.”- [Wireless Charging Technologies: Fundamentals, Standards, and Network Applications]

2.2. PROS & CONS [3]

Wireless charging has advantages as well as disadvantages. The purpose of the developments of the WPT, is to reduce the inconveniences and disadvantages.

Advantages:

1. Without the cords and cables, wireless charging provides better user experience and makes charging simple and convenient. Furthermore, multiple devices (different brand etc.) could be charged at the same time on the same charger.
2. The problem regarding cables being worn and broken will be solved.
3. It provides better durability for contact free devices. (dustproof, waterproof etc.)
4. It enhances flexibility, especially for the devices for which replacing their batteries or connecting cables for charging is costly, hazardous, or infeasible (e.g., body implanted sensors).
5. Wireless charging can provide the power required by charging devices on demand, making it more flexible and energy efficient.

Disadvantages:

1. Wireless charging is much more expensive, as it incurs an approximately 30 percent higher implementation cost than traditional wired charging.
2. It is much slower, especially compared to the fast-charging possibilities. In case of a mobile phone, it can be 30-80% less efficient.
3. The metal parts produce more heat as through heat, energy is wasted.
4. In the procedure the positioning of the different parts is also vital as if the device is not positioned properly, the charging might not start.

After all, we are able to say that in some conditions, wireless charging is a huge drawback from the recent form of wired charging. As it stands, wireless charging is far from being perfect, but it is getting there. Many companies are trying to overcome these drawbacks to present the best charging device from their side to the consumers.

2.3. Summary

In the future, this technology will probably replace a huge part of nowadays current cable technologies.

The disadvantages are as follows the compatibility of plug-ins and charging stations, the limited lifespan of the connectors and the resulting errors (oxidation, contact errors, etc.) and the low tolerance of the charging cable to environmental influences (which can even result in a serious accidents).

On the other hand, wireless technology has its own advantages, such as the technology of V2G and the standardization of charging systems. We must mention also that the WPT charging system is more resistant to mechanical damage.

2.4. Cars ^{[4][5]}

The technical development of hybrid and electric cars had been outstanding in the recent years, both in terms of performance and comfort. A huge part of them is able cover hundreds of kilometres on the road without even a single recharge. With the increasing number of electric vehicles (EVs) on the road, their efficient and effective charging method (which has a significant impact on the electric grid) remains a challenge.

Almost all existing electric vehicles can be charged through the wired way. No matter whether at home or on the petrol stations, cables must be physically connected to charge EVs. These physically connected cables can be dangerous, especially in bad weather conditions.

A much more flexible and convenient charging method attracted attention. Several companies such as Tesla, BMW, and Nissan have already started developing electric vehicles that can be charged wirelessly without the need for cables. Instead of a physical cable connection, a wireless (inductive) connection effectively avoids sparking. In addition, wireless charging opens new possibilities for dynamic charging.

Wireless parking pads could make possible for an EV to be charged while parked for a short or a long period.

2.5. V2G (Vehicle to grid), decentralisation of energy distribution ^[1]

In the recent decades, one of the most urgent problems to be solved is environmental pollution.

The idea of V2G allows bi-directional flow between the vehicle and the power grid. This new concept is especially important with the presence of renewable energy sources and the increasing use of them, because in many cases the production of renewable energy is unreliable, difficult to calculate and constantly fluctuating.

Battery-based electricity storage is perfect for "smoothing out" these waves, and then recharging from there when renewable energy decreases.

As for now, inductive charging is less efficient and more expensive than conductive charging. For this reason, wired charging is used almost everywhere. Nevertheless, wireless charging is developing rapidly. It is crucial to point out that the significant evolution of electronic cars has only started less than twenty years ago. (For reference: Traditional cars has been around for more than a hundred years).

Nándor Rója

3. Home ground issues

This technology is quite widespread by today's standards. It has many forms of application, and a rentable, active market but only in smaller, portable devices. The technology is also in use in the charging procedure of micro-mobility vehicles, such as electric scooters. An excellent example of these days is the Rollin Technologies company created by an enthusiastic group of Hungarian university students. They have also developed charging and docking stations that have already made the e-scooter sharing system more efficient. Their innovation is now being tested on the ZalaZone test circuit as you can see in the following picture.



1. Figure – Rollin Technologies, Zalaegerszeg [6]

We have to admit that for the larger devices, the technology is still fresh and immature and begs more questions for which the answers are continuously being looked for. There would be a fundamental demand for the technology as it could replace the current well-honed variant without its disadvantages.

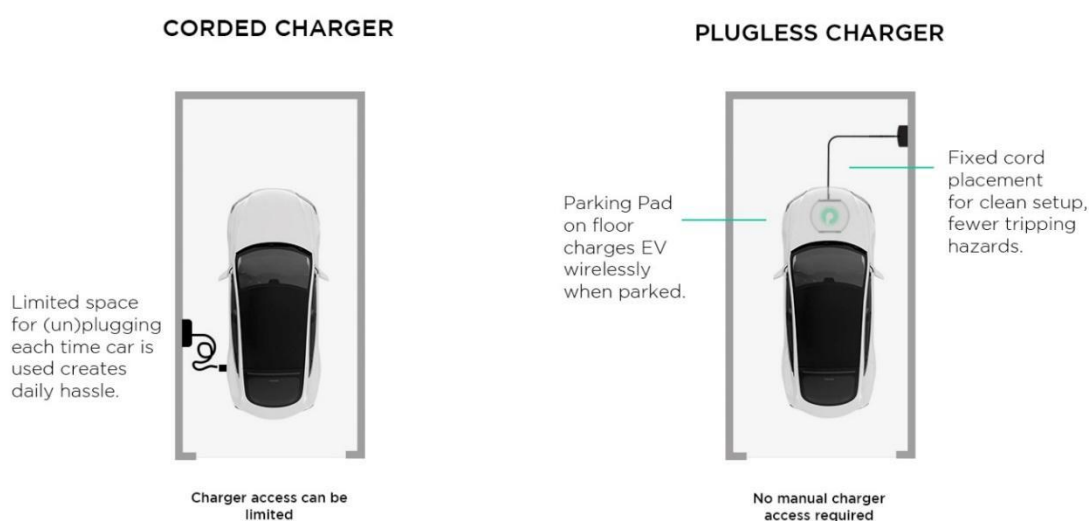
It is perceptible that wireless technology would have a huge market in the automotive industry, but some obstacles need to be overcome such as developing the fitting technology for the connection between charger and vehicle. By today's standards of an average electric car (that would have 30 cm or 11.81 inches of airspace), this would require an estimate of 11 kilovolts (KV) AC charging (being the most used method of charging), but not on 50 Hz of frequency. The efficiency of energy transfer could be reached by the increase of the frequency to radiofrequency levels (of about 100 kHz) since it is the most important factor of transfer. With these parameters using a well-tuned transceiver unit, the charging performance can function with an estimated deficit of 10-15%.^[13]

The biggest problem, however, is that there are no up-to-date standards for this charging system and the construction of a charging point involves a lot of risk factors, the solutions of which make the technology even more expensive. So, this technology is feasible, but it is still in the experimental phase. There have already been attempts at experiments, and test plants for passenger cars, buses and even road-integrated systems, but there are solutions that can make our lives easier in other ways. It takes up space to connect the vehicle itself to the charging device, and it also matters where the charging connector is located on the vehicle. Because of this, in a small garage, charging with a wired charger can cause an unsolvable engineering problem.

The solution is to build a wireless charging device since it would be located on the floor, so you only need to find the right position between the car and the charger, and you can get it going. The other important point is that the unit does not have to be installed in a specific position if there is a demand for it, so its implementation is much simpler than with the wired version.

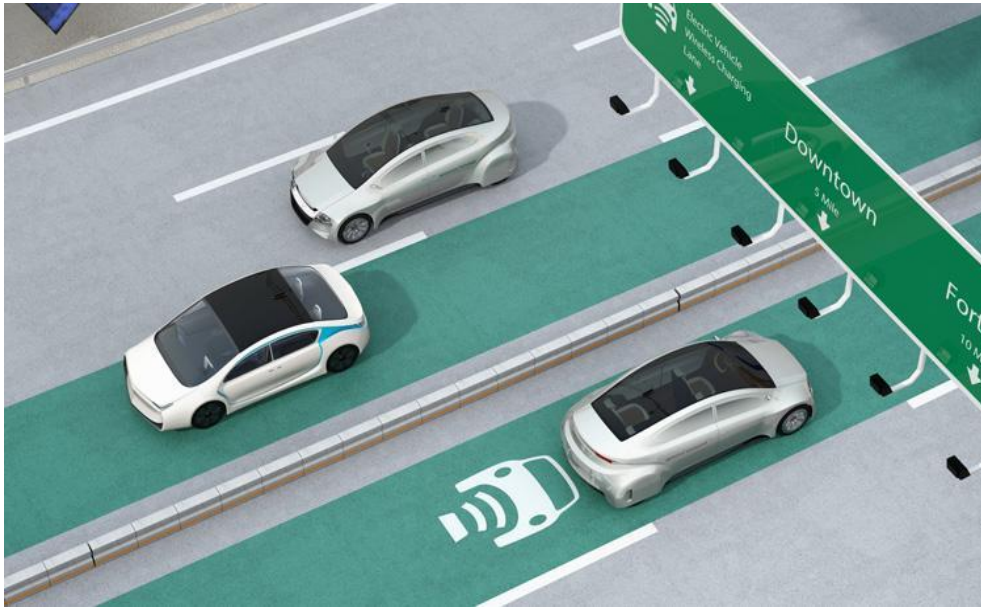
CHARGER PLACEMENT IN SMALL GARAGES

for Level 2 Home Charging



2. Figure – Charger Placement in Small Garages ^[7]

If we get ourselves a little above ground level and look at the matter from a different perspective, it may even be conceivable that in the future, vehicles will be able to be charged while moving through a system integrated into the road. That would be the ideal solution as it is well represented below. With even more refined technology in the future, it may be possible to utilize the vehicle's kinetic energy in such a way that not only the vehicle, but also the system in which it is moving around could use it (similar to the KERS - Kinetic Energy Recovery System that had been in Formula 1 cars, and since then, in many road-legal hybrid super- and hypercars). In this way, a two-way energy flow would be created (the car would also be able to charge its excess energy back into the network and not only play the role of energy storage and consumer).



3. Figure – Dynamic Wireless Charging [8]

Hungary would not necessarily be the primary receiving market. In Hungary, many difficulties can hinder the installation of the system, such as the outdated electrical network (which would not be able to withstand this kind of overload), the poor quality of the road network, the fact that it does not have adequate standards and not to mention the fact that the culture of electric cars is only just emerging and now filling station systems are built, thus this technology would still be very early for larger mobility devices. In the short term, the implementation of wireless charging systems installed in private households is a possible and real goal, which may even have a market soon.

István Martin Süli

4. How Do They Do It? – Wireless Charging

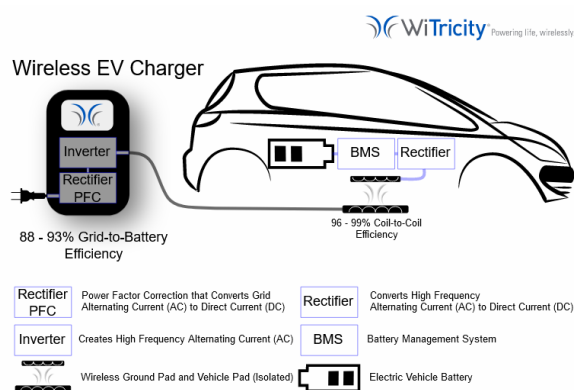
4.1. Wireless charging

Wireless transmission of electrical energy was developed by Nikola Tesla. Its operation is quite simple: the coil (or coils) in the charger head creates an electromagnetic field, the resulting field gets converted into electric current by the coil in the car parked on the charger. From an electrotechnical point of view, it does not produce an induced current, but rather an induced voltage. Due to the voltage difference, an electric current is generated in the circuit. The efficiency of charging depends largely on the distance between the coils, therefore most of the developments are focused on overcoming this problem. There are developments that take several coils into consideration in a given car. Research has shown that it is worth placing receiving coils both on the floor plate of the vehicles and in the nose of the vehicle, so that the car can also utilize the chargers that would be built into roads, in which case the coils are approximately 15-20 cm apart. Even in this case, an efficiency of 93-95% can be achieved, which ranges from 400 to 3600 W of charging performance. Also, there are chargers that can be mounted walls, which would offer a better solution in terms of them being much easier to reach the smaller distance between the two coils, and as a result, they can achieve better efficiency by placing the charger in this way.



4. Figure -Wireless EV Charger ^[10]

4.2. The structure of the charging system:



5. Figure – Wireless Power Transfer ^[9]

"According to the developers of the SAE J2954 standard, the advantage of this technology compared to the usual charging method is that it is fully automatic and therefore simpler - you just have to park over a compatible charging panel and the charging process starts. A magnetic field is generated between the panel connected to the network and the receiving device mounted on the bottom of the car, through which energy is transferred in the form of alternating current (AC), which the vehicle then converts into direct current (DC) to charge its battery. The standard currently supports three performance levels: 3.7 kW, 7 kW and 11 kW, but the organization previously mentioned 22 kW, which is expected to be introduced in the future.

This regulation still has its limitations, for example it was developed only for one-way charging, i.e., energy transfer from the network to the car, and this will probably change in the future. As of its current state, the SAE J2954 standard can only be applied for stationary vehicles, and we have already seen examples of the development of mobile electric cars and underground wireless charging devices with charging pads placed above the ground, so it is almost certain that a unified criteria system will be prepared for these later as well." [1]

Bence Pálok

5. Industrial implementation

There are many companies researching and developing wireless charging solutions. Most of these projects are, however, in test phase only. The companies making the biggest steps forward

in the field are the Stellantis N.V. and Volvo Cars, latter having developed the XC40 Recharge, a wireless-rechargeable car.

Furthermore, it seems like that the commercial vehicle industry is also getting interested in the technology.



6. Figure - Volvo XC40 Recharge ^[17]

5.1. Wireless charging in stationary position ^[16]

The Volvo XC40 Recharge:

Volvo's main concept intends on testing the XC40 purely electric SUV over the span of 3 years, equipping them with wireless charger receivers.

The testing will happen at the Swedish city, Gothenburg, where the cars will be operating as taxicabs. The charging of the cars will take place in the city centre, at wireless recharging stations. This test is one of the various tests conducted in Gothenburg's Green City Zone, an initiative to provide a testing space for green transportation solutions.

The charging stations are developed and manufactured by Momentum Dynamics.

Docking the charging station, the driver will be assisted by a 360° camera system, and they will have to position their vehicle correctly over the charging pads that are recessed below the road's surface. The charging procedure will begin automatically when the car is in place. This allows drivers to charge their car without having to exit them.

The charging station sends power to the wireless transmitter under the car, that transmits to the car's receiver. The entire charging session is trackable, and the car will display the battery percentage and the approximate remaining time till a full charge. The driver is free to drive

away anytime they desire without the need to disconnect a wire, when they feel like their car is sufficiently charged.

The XC40 Recharge's wireless power transmission can reach up to around 40 kW, which is quadruple of that of a normal household car charger, and almost as fast as a 50 kW DC charger.

The test cars will be used 12 hours a day, and they will have travelled around 100,000 kilometres in a year's time. This is going to be Volvo's first large scale test of BEVs (Battery electric vehicle) on the consumer market.

5.2. Charging while on-the-go ^[14]

The Arena del Futuro (Arena of the Future) is a circuit built for wireless-rechargeable electric vehicles with a ring of wireless transmitters all along the road, built through a partnership between several companies, chief amongst them being Stellantis. The circuit is to test a system where the drivers can charge their cars without ever stopping, by receiving power from the recessed wireless transmitters. ^[18]

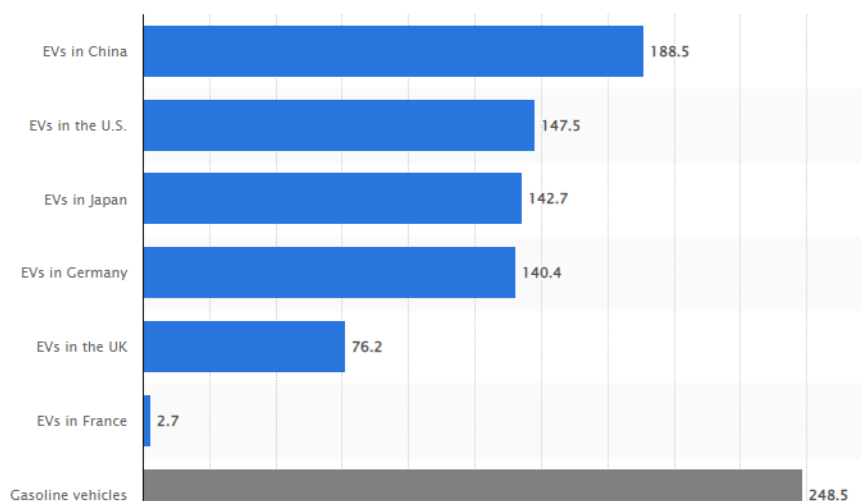
Stellantis' special charger is located in the outermost lane of a multi-lane road, where the EVs would operate. The test subject was a Fiat 500E. ^[15]

The objective is to provide the cars with enough power to maintain a constant battery level at constant speed and enough power for comfort features. It is also important that neither the car's, nor battery's weight increases with the developments.

Bence Pálok

6. Environmental and health-related issues of the wireless charging technology

One of the most pressing concerns about electric vehicles is their questionable ability to reduce carbon emissions and their cost compared to a combustion engine-based vehicle. The most frequently criticized factors are the expensive, and environmentally unfriendly materials in the batteries (such as lithium), and the fact that the vehicle's zero-emission operation is irrelevant if the electricity stored in the vehicle comes from fossil fuels, such as coal or oil. This makes high-efficiency circuits important, to waste as little energy as possible.^[19]



7. Figure- Emission of electric cars in different countries ^[26]

AS YOU CAN SEE HERE, THE CARBON EMISSION OF ELECTRIC VEHICLES IS HIGHLY DEPENDENT ON THE COUNTRY THEY OPERATE IN. FOR EXAMPLE, CHINA MOSTLY USES FOSSIL FUELS TO GENERATE ELECTRICITY, WHEREAS FRANCE MOSTLY USES NUCLEAR POWER. (SOURCE: STATISTA.COM)

The introduction of wireless charging could come with several factors of comfort, such as the elimination of the charging cable, but from an environmental and financial perspective, the technology might just be less feasible than the wired alternative.

6.1. Time consumption

Modern charging technologies enable EV (electric vehicle) owners to charge their vehicles with tens of kilowatts of power, making the charge time low, and with new concepts, such as plug-and-charge ^[1], charger manufacturers can provide consumers with a more comfortable and easier charging experience. Saving time is nearly as important in the field as saving energy.

But wireless charging would be a detriment to both aspects. Since wireless charging technology has more physical limits than wired charging, the performance of the charger would be significantly less, thus the charge time would increase. Even with our superchargers, the time

to charge an EV takes significantly more time than fuelling an ICE-based vehicle. Increasing the charge time only makes combustion engines more appealing to people with busy schedules.

6.2. Power losses and weight

Wireless power transmission is done with two coils, galvanically isolated, such as in a conventional transformer.^[2] The difference, however, is that conventional transformers have solid iron cores, and both coils are wrapped around the same core, whereas the same cannot be done in wireless charging since it would re-introduce the solid physical connections between the charger and receiver. Iron cores are important to confine and guide the magnetic fields in transformers, to minimize power losses due to electromagnetic radiation.^[20]

The transmitter and receiver coils could have their own, separate coils, and the coils could be brought close together with a lift mechanism. That would also lower the losses. However, the introduction of a coil and an iron core to the vehicles has some unfavourable consequences.

For example, the received power would come in the form of alternating current, which cannot be used to charge a battery, so the vehicle must also contain a high-power rectifier circuit, making the two circuit elements heavy and spatially dependent. This would both take away space from batteries and require more batteries since a heavier vehicle requires more energy to move forward. The extra power conversion circuit would also introduce its power losses.

This increase in weight would also make more energy-dense batteries more likely to be used (such as lithium-ion (Li-Ion) or lithium-polymer (Li-Po)), as opposed to potentially more environmentally friendly, future technologies (such as the sodium-ion (NIB or SIB) battery technology, by companies such as CATL^[21]) that are not necessarily as energy dense.

This circuit design would not only lower efficiency but the maximal charging power, due to the potential damage to the environment caused by high-power electromagnetic radiation.

	Lithium-ion	Sodium-ion
Volumetric energy density	200–683 Wh/L	250–375 Wh/L
Specific energy	120–260 Wh/kg	75–165 Wh/kg

8. Figure – Energy Density of Popular Battrey technologies^[28]

6.3. Induction heating, electrical interference, tissue heating

When alternating current (generally high frequency) passes through a conductor, the rapid change of magnetic fields generates electric currents, called eddy currents in a conductor. These eddy currents will flow through the resistance of the conductor, and create heat, due to resistive heating. The heat is generated inside the conductor itself, and, generally, ferromagnetic

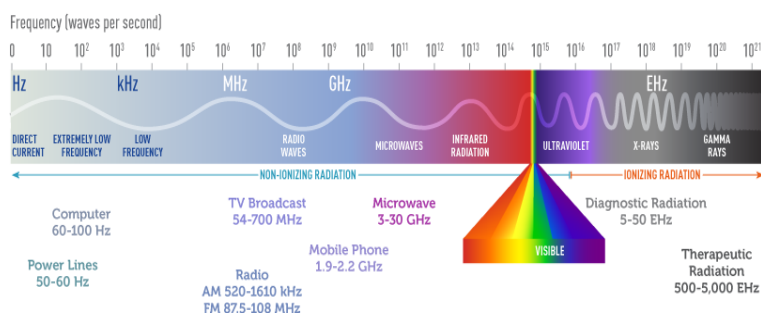
materials, such as iron, create more heat during the process.^[22] This is the concept on which induction cookers are based.

This wouldn't only mean that the iron core of the receiver heats up from the large power transmitted, but any ferromagnetic material found in the vehicle will heat up considerably due to leakage from the transmitter circuit. This would require the minimalization of ferromagnetic materials in the vehicle's design, at least in the coil's proximity. The heat losses would also lower efficiency since a portion of the transmitted energy would be used to heat the iron core.

Another issue with radiations is that they can interfere with electrical circuits, for the same reason induction heating occurs. The eddy currents flowing through the circuits' resistances will generate stray voltages, which can cause glitches in circuits that may result in permanent damage. The same concept is used in EMP devices,^[23] used to remotely interfere with- or destroy circuits. This makes the need for shielding against radiation more important, which can add more weight to our vehicle. Also, an external circuit or device in proximity of a charger, such as a mobile phone, or medical device worn by a person standing nearby may fall victim to the radiation.

Furthermore, since the charger needs to run on high frequencies for more efficient power transfer, tissue heating can be an issue, meaning that a person standing close to the charger can experience a sensation of heat in their body, or, if the energy is high enough, the charger can cause burn damage to the person, as if they were inside a microwave oven. The lowest frequency at which this occurs is around 100 kHz.^[24] Fortunately, according to studies,^[8] these frequencies are unable to cause DNA damage, and thus cancer, since that requires high-

ELECTROMAGNETIC SPECTRUM



IONIZING RADIATIONS HAVE MUCH HIGHER FREQUENCIES THAN WHAT A WIRELESS CHARGER WOULD OPERATE AT, THUS THEY ARE UNABLE TO CAUSE CANCER. (SOURCE: CANCER.GOV)

9. Figure – Electromagnetic Spectrum [27]

frequency ionizing radiation, such as UV, X-ray or Gamma-ray. In my opinion, it is also possible, that a pet, for example, a cat, a species that likes being close to warm and tight places,

such as the charger's surroundings) wandering near the charger could sustain adverse health effects due to tissue heating.

6.4. Conclusion

While wireless charging seems like the technology of the future in the average onlookers' eyes, the increasing energy prices and tight schedules of people make the wired alternative more appealing, not even taking the effects of it on the environment and on the user into consideration.

The engineers may come up with a more viable technology, but in the current state, wireless charging would be a disadvantage to the electric vehicle industry and consumers.

Tamás Mihelik

7. Concluding Words

Would electric cars and other vehicles be suitable for wireless charging? – was raised the question by our enthusiastic team a little while ago.

To briefly answer it, the time is not here yet for the realization.

Over the past few weeks, we have been able to take part in an interesting and far from closed journey. During this period, an interesting depth of the electrical engineering was revealed for us.

Our work aimed to offer the reader an alternative that reduces the inconveniences and gives motivation to the indecisive ones toward the choice of electric cars.

At the beginning, our idea was that this could be achieved by the wireless vehicle charging.

Now, we can clearly see that the project requires further technological development for widespread, everyday use. The base of the concept is basically suitable for a future implementation, but there are still many obstacles for the engineers to face.

Daniel Basa

Sources

- [1] <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1755008420300533?via%3Dihub>
- [2] https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7327131?casa_token=SYsfl68exYwAAAAA:dQsFQRQsSp8V1A0ON23sdP3Lw25ZfqngMmQa31aXKGGabyK0HZjMTc5yil85SC3qg5pOD0RKC-C5 [1.]
- [3] https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6481427?casa_token=oVolSbaUvU0AAAAA:_Qlce9fleXSGAe6BXzMEZT02ZFnSbA0lysEDHYFKxqHpRKGktAgyw9vpqRrVQ43-U3aovVzRhFDO
- [4] <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032119300383?via%3Dihub>
- [5] https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8101562?casa_token=2Ywgz9IS-EAAAAA:laMxMVDk682dlQ00smAgLePWM9w47CoZ8n0Jn1PiHXIoEdDUjKBOi5k9tA2ArJgJP7erFULjJP7f
- [6] <https://www.muszaki-magazin.hu/2021/10/03/rollin-technologies-varosi-kozlekedes/>
- [7] <https://www.intelligenttransport.com/transport-news/98729/researchers-take-step-closer-to-wireless-electric-charging-roads/>
- [8] <https://www.pluglesspower.com/learn/ev-charging-logistical-pains-go-wireless/>
- [9] <https://villanyautosok.hu/2020/10/26/nagyot-leptunk-a-vezetek-nelkuli-villanyauto-toltes-fele/>
- [10] <https://villanyautosok.hu/2022/02/24/tomegek-szamara-lesz-elerheto-hamarosan-a-vezetek-nelkuli-autotoltes/>
- [11] <https://villanyautosok.hu/2021/10/12/ezt-az-elektromos-autot-mar-vezetek-nelkul-is-tolthetjuk/>
- [12] https://www.greencarreports.com/news/1136166_stellantis-fiat-500-ev-dynamic-wireless-chargingu
- [13] <https://autotechnika.hu/cikkek/motor-eroatvitel/11268/vezetek-nelkuli-toeltes>
- [14] <https://www.reviewgeek.com/120760/fiat-testing-roads-that-wirelessly-charge-evs-while-you-drive/>
- [15] <https://www.autoexpress.co.uk/fiat/358198/fiat-tests-wireless-road-charging>
- [16] <https://villanyautosok.hu/2022/02/24/tomegek-szamara-lesz-elerheto-hamarosan-a-vezetek-nelkuli-autotoltes/>
- [17] <https://www.media.volvocars.com/global/en-gb/media/pressreleases/295720/volvo-cars-tests-new-wireless-charging-technology>
- [18] <https://www.stellantis.com/en/news/press-releases/2022/june/arena-del-futuro-demonstrates-capability-of-dynamic-inductive-recharging-technology-for-electric-vehicles>
- [19] <https://driivz.com/glossary/iso-15118/>
- [20] <http://www.doiserbia.nb.rs/img/doi/0353-3670/2012/0353-36701203171V.pdf>
- [21] https://en.wikipedia.org/wiki/Magnetic_core
- [22] <https://www.reuters.com/technology/chinas-top-ev-battery-maker-catl-touts-new-sodium-ion-batteries-2021-07-29/>
- [23] https://en.wikipedia.org/wiki/Induction_heating#Cooking
- [24] https://en.wikipedia.org/wiki/Electromagnetic_pulse
- [25] <https://www.canada.ca/en/health-canada/services/publications/health-risks-safety/limits-human-exposure-radiofrequency-electromagnetic-energy-range-3-300.html>
- [26] <https://www.statista.com/statistics/965924/average-co2-emissions-of-evs-selected-countries-worldwide/#statisticContainer>
- [27] <https://www.cancer.gov/about-cancer/causes-prevention/risk/radiation/electromagnetic-fields-fact-sheet>
- [28] https://en.m.wikipedia.org/wiki/Energy_density

**MATEMATIKÁT, FIZIKÁT ÉS
INFORMATIKÁT OKTATÓK
ORSZÁGOS KONFERENCIÁJA
CIKKEI**

RNDr. Tóth Attila, PhD Mgr. Szabó Tibor, PhD: Matematikai modellezés demográfiai számításokban

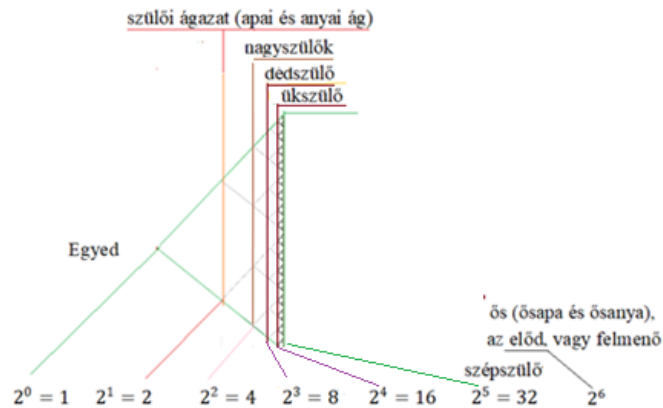
Affiliáció: Közép-európai Tanulmányok Kara, Konstantin Filozófus Egyetem Nyitra

Absztrakt: Generációk váltakozásának számát keressük egy konkrét nemesi családban, több évszázadon keresztül, két különböző nemzedéki ágon. Az ősök sokaságának a valószínűségi pí tesztje alapján megállapítottuk, hogy az elődök halmazában megtalálhatnánk híres embereket, fejedelmeket, sőt királyokat is. A generációváltások száma segíthet egy univerzális képlet megalkotásában, aminek a segítségével számítható lenne a generációk növekedése és apadása is. Bejuthatunk a képlettel egy imaginárius halmazba is, mennyien lehetünk. Keressük a választ arra is, hogy ez a numerikus halmaz összehasonlítható-e egy konkrét genetikai kutatással. A kutatás során kerestünk egy olyan sorozatot, amelynek a segítségével számbelileg kifejezhető a jelen generáció apadása, illetve feltételei a növekedésre.

Előd-utód számokban kifejezve

A tanulmány célja számszerűleg feldolgozni a múltbeli emberhalmazok mennyiségét, nemzedékenként összegezve mennyi összülőt tudunk megszámlálni. Ugyanez a kérdés felmerülhet fordítva is, mennyi lesz a mi utódainknak a száma várhatóan. Találunk-e számokat, amelyekkel ezt ki lehet fejezni, esetleg sorozatokat, logikai összefüggéseket. Számbelileg az elődeink nyomába eredve kicsit könnyeb a dolgunk, hiszen minden egyedhez 2 szülő kell. Tehát generációváltásonként kiszámítható az elődeink száma. Az utódok számával ezt azért nem tehetjük, mert 1 apa még ma is több nőtől, több gyermekszámot ad, nemcsak a régi kánok előjoga lehet. Az elődök számával hipotézissel megállapítható, hogy a nemesi családfán mi a valószínűsége annak, hogy fejedelmeket, királyokat, uralkodókat állami előljárókat fedezünk fel? Számítható az is, hogy hány évenként lehet generációk váltásáról beszélni. A nemzedékek váltószáma kellene. Ma már arra összpontosítunk, hogy mennyi az egy nőre jutó gyermekszám és az átlagos életkor, amikor az első gyermeket vállalják. Számíthatóvá válik egy virtuális, meg nem született nemzedék. Ilyen megközelítésekkel, becsléssel számbelileg kifejezhető lenne a nemzetek, nemzedékek száma visszanyúlva a múltba.

Jelenleg a családtörténet-kutatás népszerűségnek örvend. A családtörténet-kutatás közösségteremtő hatással is rendelkezik, megerősítheti a kapcsolatainkat, egyúttal komoly kihívás a számszerű kimutatása. A rokonsági fokon és kapcsolatok az európai (nyugati) társadalmakban általában a vérrokonság szerint alakulnak és a nyelvezetünkben hetedízigen van mindez jelen. Az első fok a szülői ágazat (apai és anyai ág), amiből 2 van. A második fokon a nagyszülők száma már 4, dédszülő a harmadik fokon már 8, a negyedik fokon 16 ükszülő és ötödik fokon már 32 szépszülőt számlálhatunk meg. A hatodik foktól az ős (ősapa és ősanya), az előd, vagy felmenő nevekkel vannak az elődeink ellátva. Lemenő, utódi szempontból pedig gyermekek (fiú, leány), majd unoka (fiú és lányunoka), dédunoka, ükunoka és szépunoka fogalmakat ismerünk, a hatodik foktól pedig lemenő leszármazott, fiú utód, vagy lányleszármazott fogalmakat ismer a magyar nyelv. Számszerűen kifejezve, ha a nemzedékek száma n , akkor az elődeink száma 2^n . Már csak az a kérdés mennyi nemzedéket számlálhatunk meg, meddig vannak megbízható forrásaink ennek a kiértékelésére. 10 generációra visszamenőleg már 1024 összülőt (2^{10}), 20 nemzedékre 1 millió 48 ezer 576 összülőt, harminc generációra visszatekintve pedig már egymilliárd 73 millió 741 ezer 824 elődszámot ad.



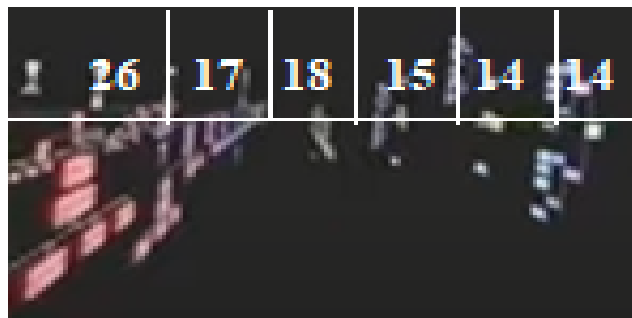
1. ábra: Egyed és két nagyszülő, valamint további ősök fraktálszerű sémája

A geometriai ábrázolása ennek a sokaságnak nem olyan egyszerű, mert nem felezés, hanem duplázási mennyiséget kellene felvinni egyre kisebb szakaszokra.

A legnagyobb nemzedék (1901 -1927 között születettek), csendes generáció (1928-1945 között születettek), Baby Boom (1946-1964 között születettek), X generáció (1965-1980), Y generáció (ún. milleniálisok 1981-1995), Z generáció (1996-2010) és alfa generáció 2011-2025 közötti időszakra tervezett. A definíció szerint a generáció jelentése lényegében az ugyanakkor születettek korcsoportja; ugyanazon időben, egy korban élő, nagyjában azonos korú emberek összessége; nemzedék. Például az 1965–70-es generációnak nagy szerepe volt a rendszerváltás idején. Az 1990-es generáció most kezdte meg önálló felnőtt életét. Egymást felváltó korcsoportok közül egy; az egymást felváltó utódok összessége egy családban, csoportban, közösségben. táblázat: Generációk megnevezései, intervallumai, és azok változásai

Generációk váltakozása

Más tulajdonképpen a jelentése az ún. emberöltőnek; annyi idő, amennyi egy-egy emberi korcsoport felnövekedéséhez, kifejlődéséhez szükséges (25–30 év). Pl. egy nagypapa átélhet akár három generációt. A társadalmi változások megszilárdulásához kell legalább két generáció. De vajon miért van az, hogy a legnagyobb generáció váltása 26, az építő, csendes utána következő 17, Baby Boomers utána 18, majd lecsökken 15-re, utoljára 14 évre (A legnagyobb nemzedéktől XYZ az alfa generációig). Ennyire gyorsak a változások, a világot felforgató erők, felvilágosultabbakká válunk-e, illetve ha ez így felgyorsul mire számíthatunk?



2. ábra: egy program, ami a megadott generációs adatokat befordítja az időtengelyre

Hogyan átlagolhatjuk a nemzedékek váltakozását. A legjobb módszer a születéstől kezdve megszámlálni a generációk számát, és átlagolni azokat. Ha megvizsgáljuk a köznép populációját akkor pl. egy zoboraljai kisfaluban 1750- től 1950-ig csupán 9 generáció váltotta egymást, ami 22,22 számot ad a generációváltásra. Időközben megtudtuk azt is, hogy a leányok már 16-17 éves korban férjhez mentek. Az élve születettek közül nagyon sokan még csecsemőkorban meghaltak, vagy egypár évesen. Így az átlagos gyermekszámot már sokkal korábban hozzászámíthatjuk egy anyához, mint ma . Egy nagyobb lélekszámú faluban a

Mátyusföldön 1830-tól 1950-ig 5 generációt számolhatunk meg, ami 24 éves generációs váltást ad, tehát valamivel nagyobb, mint a Zobor vidéken.

Hogyan változott ez meg az ezredforduló táján?

Folyamatosan nő a nők átlagéletkora, amikor a világra hozzák első gyermeküket. Míg az 1960-as években 23 éves volt a tipikus életkor, jelenleg Szlovákiában a nők körülbelül 27 évesen szülnék első gyermeket. Több oka is van annak, hogy az anyaságot egy későbbi életkorra halasztják. A nők úgy érzik, hogy a modern idők sokkal több lehetőséget kínálnak számukra, hogy megvalósítsák önmagukat az életben.

Vajon miért van ilyen különbség a nemesi és zselléri viszonyokban? Mire használhatjuk ezeket a számokat? Ugyanis keressük azt a váltószámot, ahol az egy nőre jutó gyermekszámhoz hozzárendelhetjük az átlagos gyerekszámot, mert ezek a legbiztosabb mutatók egy gyarapodási, illetve apadási folyamat számításánál. A nemzedékek váltószáma a fentiek alapján az elődök számának az orientációs megállapításához kell még.

Egy nemesi család őseinek száma és egy feltevés

Részletesebben megpróbáltuk felkutatni egy nemesi ágon a nemzedékek változásait. Az Adda családról annyit jegyeznénk meg, hogy János és László 1753. évi augusztusában kapták a címet és nemességet. Címerük sok helyen megtalálható még ma is. A család tagjai nagyon fontos pozíciókat láttak el, voltak királyi udvarnokok, bírók, bányai ellenőrök, sok teljhatalmazott, ülnökök, tengernagyok. Evégett elég szavahihetően találjuk a genealógiai jegyzetekben, táblázatokban az elődök számát és a nemzedékek váltásait.

Eszerint az 1911-ben született Ivan Adda a Záhony Margit nevű elődig (*1465, +1502) kicserélődött 12 generáció, ami átlagosan a generációváltásra 37 évet ad.

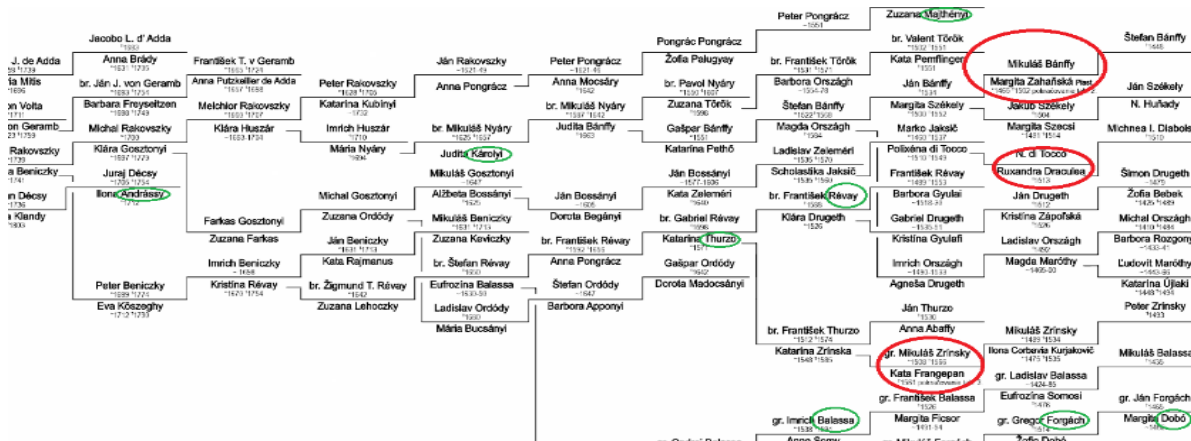
Ivan őseinek a száma kb. 1500-ig $2^{12} = 4096$.

Egy másik ágon pedig Adda Iván előtt Frangepán Katáig 13 generáció cserélődött átlagosan 1480-ig, ami számbelileg 8192. A generációs váltások ideje 33 esztendő. Tehát a nemesi szálon nagyobb ez a váltószám, mint a zselléri viszonyokban. Valószínűleg vagyoni szempontból tovább tartott a „gazdaságilag” legmegfelelőbb partner felkutatása, nagyobb volt a túlélési esélye egy gazdagabbnak, és ugyanúgy, mint a mai hölgyek egyfajta karrier is lehet a céljuk a házasság előtt.

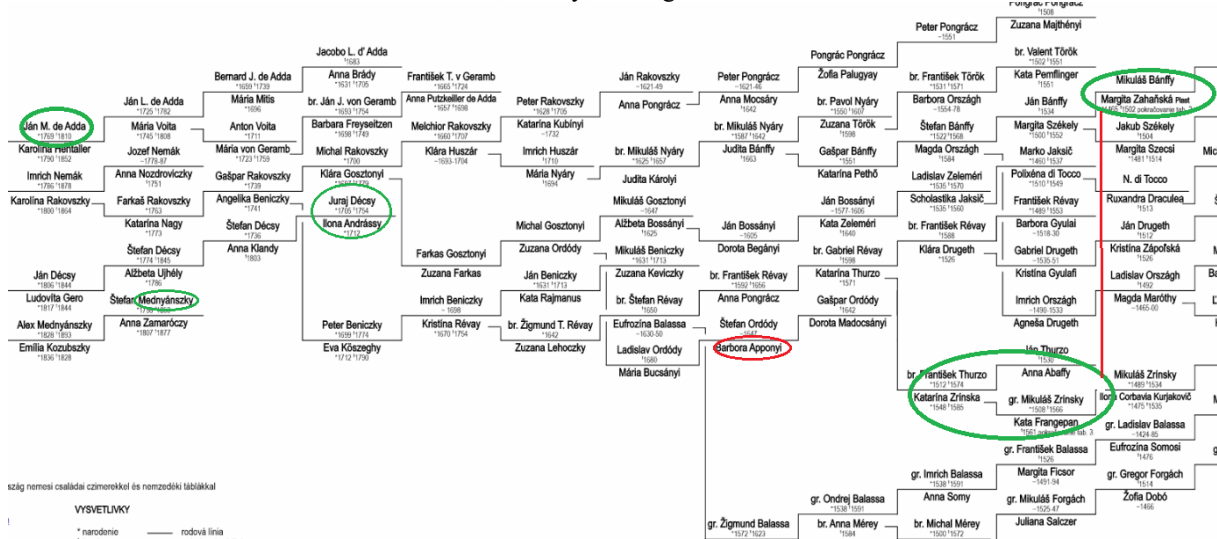
Érdekes módon a családfa egyes ágain keresztül eljuthatunk az uralkodókhoz is, ami nem csoda. Ha tehát számon tudjuk követni a családfában a generációk váltakozását, akkor pontosan tudjuk az elődök számát is. Így felírható a hipotézis is, hogy találunk-e az Adda család elődei között fejedelmeket, uralkodókat.

A becslések szerint 1850 körül a Kárpát-medencében 4 millióan éltek, amiből 5-8 százalék volt nemesi rangban. Számarányosan az 1400 esztendő körül pedig a becslések alapján fél millióan éltek, amiből másfél százalék volt nemesi rangban. A pi teszt k/n arányszáma eszerint $\pi_0 \frac{7000}{500000} = 0,014$. Mi a valószínűsége annak, hogy az Adda családban uralkodói elődöket fedezünk fel? 99 százalékos bizonyossággal (1 százalékos bizonytalansággal) eldönthető mindez. Hiszen a generációk számából kiszámítható az elődök száma konkrétan az előző fejezetben utaltunk rá, szám szerint ez 8192. Ebből kifejezve tehát a $p = \frac{8192}{500000} = 0,016$. Ha a z értéke nagyobb, mint a z -táblázatban található $z_{0,99} = 2,33$ kvantil, ahol a $z = \frac{p - \pi_0}{\sqrt{\frac{\pi_0(1 - \pi_0)}{n}}}$ képlet

szerint számítjuk; akkor minden bizonnyal felfedezhetünk a családfában uralkodókat. Eszerint a H_0 hipotézis az elfogadható, hogy találunk az ősök között uralkodókat. Erre bizonyíték az alábbi ábra is.



3. ábra: A családi elágazásokig sok ismert nemesi család található: Andrassy, Károlyi, Thurzó, Révay, Forgách, Balassa, Dobó, Bánffy, de megtalálható Dracula is

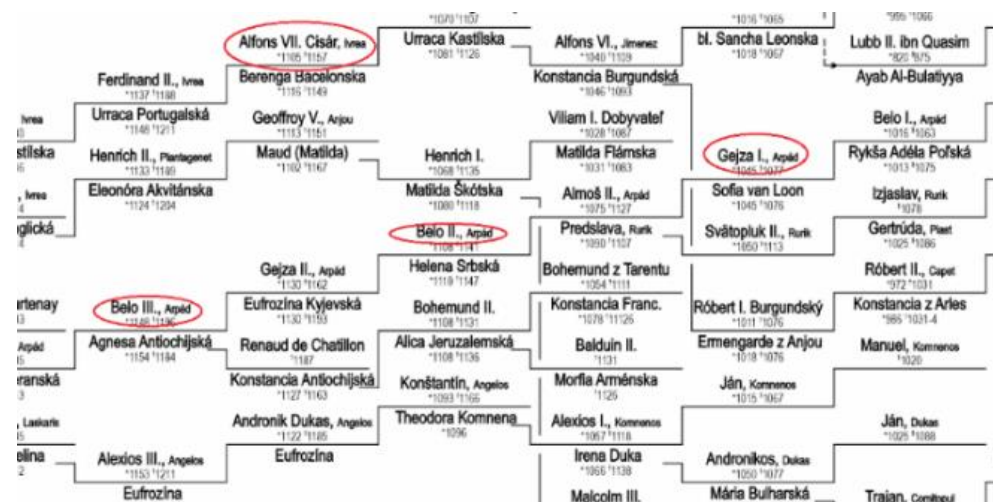


4. ábra:

Az Adda család elődeinél híres bárókra és grófokra találunk, 1500-ig számláltuk a generációk váltakozását

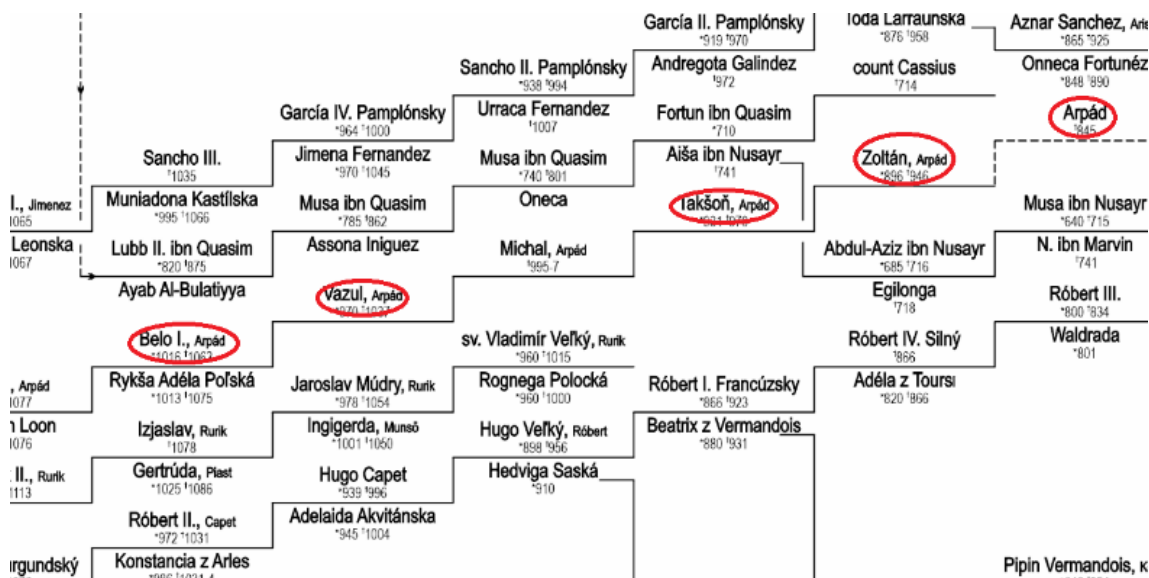
A családfában nem mindig az elsőszülött a vizsgálandó személy. 1465 előtt időszakot vizsgálva pedig 725-ig 23 nemzedéket számoltunk meg, ami átlagosan ebben az esetben 30,4 évet ad a generációváltásra. Zahaňská előtt körülbelül 725-ig visszamenőleg 23 generációt számoltunk meg.

Egy másik ágon pedig Zrínyi Miklós és Frangepán Kata ágát vezettük vissza. Frangepán Katától vissza pedig kb. 720-ig 21 generációt számolhattunk meg, ami megadja 760 év alatti elődszaporulatot. Számszerint $2^{21} = 2\,097\,152$. A generációváltások ideje pedig 25,3 év. Adda Iván elődeinek a száma az egyik ágon is levezetve és a másik ágon is levezetve összesen 34 illetve maximálisan 35 generációt ad úgyszintén. A 17 milliárd ebben az esetben a duplájára nő, tehát 35 generációt számlálva $34\,359\,738\,368$, ami lényegében egy nagy 2^{35} exponenciális szám.



5. ábra A családfa leágázásain felfedezhető sok közép-európai uralkodó

Így az Adda család „kékvérű” elődjei között ténylegesen megtaláltuk Taksony, Zoltán, Árpád fejedelmek neveit is. A középkortól visszavezetve nem meglepő, hogy megtalálhatóak a II: Béla, II. Géza, I. Géza, Vazul, maga Árpád fejedelem és még előbbre visszavezetve pedig Róbert és II-. Lambert uralkodók is az őseik lehettek.



6. ábra Ezen az ágon pedig eljutunk a fejedelmek korszakába is

A nemzedékek váltakozásának átlagát majdnem 1200 év alatt vizsgáltuk, számbelileg kifejezhető az elődök száma is.

Utódok számokban kifejezve, Dzsingisz kán utódainak száma genetikai úton

A Temüdzsin néven 850 éve született későbbi mongol nagykán utódaira engednek következtetni a génkutatók. A nagykán egyesítette a mongol törzseket, meghódította Ázsia jelentős részét, államokat és népeket törölt le a Föld színéről. A legendák szólnak még a férfiúi tevékenységéről is, hiszen első számú feleségétől, Börtétől négy fia és hat lánya született. A mongol harcos jutalma az ellenség birtokának a megszerzése, lovainak megülése és a feleségeik, leányaik karjába vétele volt. Az elfoglalt területeken tömegesen erőszakoltak meg nőket és a nagykán előjoga az volt, hogy kiválogassa a legszebb lányokat, asszonyokat. Így a nagykán számos felesége mellett, sok ágyasa és szeretője volt, nem beszélve az alkalmi

kapcsolatokról a rabszolgasorsban levő nőekkel. Sok ideig az utódok névsorát még számon is tartották, akiből lehetett akár többszáz is, hiszen a mongol társadalom az utódokkal is kivételes helyzetet biztosított. Amíg nem találják meg a nagykán, vagy valamelyik fiának a sírját, addig csak következtetni tudunk. A valamikori mongol birodalomhoz tartozó génkutatás érdekes módon egy közös ősrre enged következtetni. A 2003-ban közreadott eredmények azt mutatják, hogy a férfilakosság 8 százalékában mutatható ki a Y-kromoszóma egy variánsa. Nagy valószínűséggel ez azt jelenti, hogy ez a férfi nagyjából 8- 900 éve születhetett, mi megfelel a nagykán uralkodási idejének. Számszerűsítve ez annyit jelent, hogy a világon jelenleg élő minden 20. férfiú mondhatja magát a nagykán utódának. Számokban kifejezve ez megközelítőleg 16 millió férfi.

A mi számításunk szerint, ha csak egy nőtől egy gyermeke született volna is az utódainak, akkor a 850 évre ha rávetítjük a generációváltás átlagos éveinek a számát, akkor ez 27 generáció. A 27 generáció pedig $2^{27} = 134217728$ számot ad. A számbeli különbség jól látható, a kérdés csak annyi, hogy a génkutatók mennyi alanyt vizsgáltak meg ténylegesen, és mit tudnak hipotézis segítségével elmondani a nagyobb halmazról.

Családfa-összeomlás A családfa egy bináris fa, visszavezetve 30 nemzedékre több milliárd népeiséget kapunk, ami sokkal több, mint az akkor élt nemzedék. Ezt hívják családfa összeomlásnak. A paradox, a kollapszus abból fakad, hogy sok-sok közös elődünk van. Állítólag az európai népekre a modern időkben az jellemző, hogy a házasságok a hatodik ágazatú unokatestvérek között kötődnek. Természetesen zártabb közösségekben a második unokatestvérek között is megjelenhet a házasság, az első unokatestvérek között ez nem ajánlatos.

Az egy nőre jutó átlagos gyerekszám

Biztos kiindulópont lehet számításainkban az egy nőre jutó gyermekszám. Erre is szükségünk van, ezért kerestünk egy számsorozatot, amelyik a jelenlegi valós helyzetet fedné. A mai fertilitás nem Fibonacci sorozat, hanem egy alig növekvő számsor a következő rekurzív képlet szerint:

$$1 + \left(\frac{n-1}{n+1}\right)_{n=1}^{\infty}$$

A beszercebányai demográfiai konferencián kiderült, hogy az 1 egy tényleges valós szám, az éppen a házasságon belüli 1 nőre átlagosan jutó gyermekszám, a maradék pedig, az emelkedő tendenciájú sorozat pedig a 0,33 – 0,5 – 0,6 sorozat, ami éppen a házasságon kívüli gyermekek számának évenkénti növekedését mutatja. Megjegyzés: ha a klasszikus apa-anya családból, a házasságot kötött emberpárból csupán egy utód lesz, így a megfordított geometriai alakzat (ami egy fordított, apadó demográfiai piramis) végeredményben embertelen apadást (kihalást) eredményezhet.

Mire jó a generációs váltások száma? Kiderül mennyien lehetnének.

A fiktív halmaz válasz arra, hogy mi baj van a korfával, nyugdíjjal ?

Ezzel a témakörrel nagyon sok tanulmány foglalkozik. Ezen belül például egy cikk, amelyik éppen a hiányzó unokák = hiányzó aktívák számának hiányát szemlélteti. Eszerint 2041-re várhatóan drámaian átalakul (nemcsak) a magyar népesség korfája. Az akkor nyugdíjba vonulók majdnem dupla annyian lesznek, mint a megszületők. A helyzetet tovább súlyosbíthatja a kivándorlás (jellemzően aktívakat érint). Tehát kevesebb az eltartó, mint az eltartandó. A hiány, a megnemszületett unokák hiánya. A KSH előrejelzés szerint a korfa öregedő (nem stabil, és nem is gyarapodó) jelleget mutat, alulról lassacskán elfogyva.

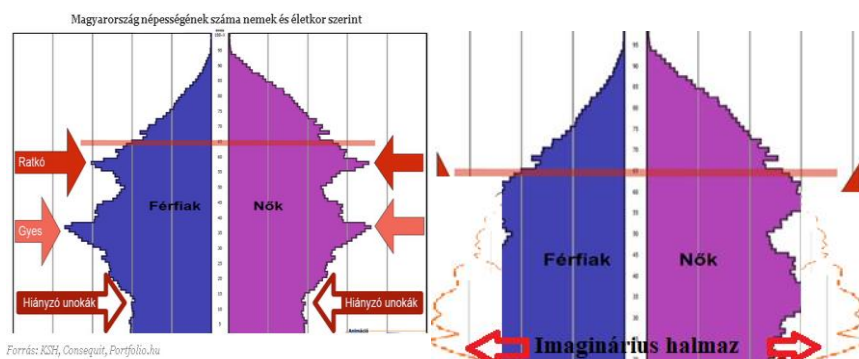
Mi lehet a kiút ? Egy ilyen kiút lehetne a befizetett járulékok növelése, ami nem igazán járható út, mert versenyképtelenné válnának a cégek. Szóba jöhet még a juttatások csökkentése

is, ami az alapnyugdíj mérséklésével vagy a korhatár emelésével érhető el. A cikkíró konstatálja, hogy Európában úgy általánosan is csak egy lábon áll az öregségi nyugdíjrendszer. Nyakunkba szakadhat az ún. demográfiai csunami. Visszatekintve pedig az is megállapítható, hogy az ún. demográfiai piramis még 1900-ban alulról építkező, tehát progresszív volt. Csángóföldön úgy hívják a várandós édesanyát, hogy jövője van. Remélhetőleg azonban van jövője Európa népeinek, de mára már mindenki számára világossá vált, hogy számbelileg megfogyatkozunk más fajokkal szemben. És ez már irreverzibilis, majdnem visszafordíthatatlan folyamat. Amit a jelenlegi magyar kormány tesz a családpolitikájával, az enyhítheti a következményeket. A budapesti III. Demográfiai Csúcson elhangzott, hogy demográfiai szempontból Európa nagyszülő lett, Afrika meg gyerek. A betegség: ún. fehér járvány.

Feltételeztük, hogy a megfogyatkozás egyik legnagyobb okozója az abortusz. Ha az emberek többsége elfogadta volna a gyermekáldást, akkor megváltozott volna a korfa, más jelleget öltött volna, mint ahogy az regresszívvé alakult. A művi vetélések számát a statisztikai adatokból szereztük és azzal a fikcióval számoltunk, hogy mi lett volna, ha ezek a gyermekek megszületnek. Az 1950 és 1958 között a szlovákiai eredmények csak becslések. A magyarországiak viszont pontosabbak. A korábbi időszak is csak becslés, szakemberek által még mindezidáig vitatott. Az 1950-ben meg nem született nők számát az akkori populáció férfi/nő arányához igazítottuk. Ezt a számot megszoroztuk az 1980-ban érvényes termékenységi rátával, hiszen ez a generációváltás átlagos ideje is, ilyen korban elvetetik a magzatjukat. Így kaptuk meg, mennyien születhettek volna azoktól, akik nem születhettek meg. A virtuális halmaz mutatja a hiánypótlást, majd újabb 30 év után új generációs reprodukció jön, ezt is hozzáadjuk. Az elmúlt 70 esztendő több mint három generációját figyelmen kívül hagyva is: a generációváltás számának segítségével számítható a gyarapodás mértéke (1. táblázat). Ezután

		1967 313502,6		311626		187527		124099		52,2		1,9	
		1968 340870,9		337790		201096		138604		51,8		1,9	
		1969 368297,4		359113		206817		143501		52,2		1,9	
		1970 375029,6		336021		192283		143738		52		1,9	
		1971 425359,6		330857		187425		143432		51,5		2	
		1972 459997		320821		179035		141786		51,1		2	
		1973 475694,7		313812		169650		144162		51,2		2	
		1974 416115,4		248471		102022		146449		51,1		2	
		1975 455667,2		269414		96212		173202		51		2,1	
		1976 472004,8		276021		94720		181301		50,8		2,1	
		1977 450759		263111		89096		174015		50,9		2,1	
		1978 464324		250420		83545		166875		50,5		2,3	
		1979 464139,3		239820		80767		159053		50,3		2,3	
		1980 400765,8		233091		80882		152209		50,3		2,3	
		1981 426601,2		220774		78421		142310		50,1		2,1	
		1982 420055,1		214488		76862		135806		49,8		2,1	
		1983 424625,2		205873		78599		127274		49,6		2,1	
		1984 429408,8		202696		82191		120505		49,5		2,1	
		1985 410560		200587		81970		118617		49,5		2,1	
		1986 380893		207150		83586		123504		49,4		1,8	
		1987 373734,8		207637		84547		122510		49,1		1,8	
		1988 364512,4		205363		87106		121457		49,1		1,8	
		1989 306172,8		212333		90508		121825		49,1		1,8	
		1990 296655,8		213240		90394		122846		49,1		1,7	
		1991 298638,2		218658		89931		126927		49,1		1,7	
		1992 252963,8		215889		87065		128804		49,1		1,7	
		1993 272116,4		202033		87258		125135		49		1,7	
		1994 265482,9		196419		74951		121528		48,8		1,7	
		1995 255078,1		198121		76957		121164		49,1		1,4	
		1996 250183,5		195179		76600		118579		48,7		1,4	
		1997 242039,1		187182		74564		116218		48,5		1,4	
		1998 227943,1		173964		68971		104993		48,7		1,4	
		1999 222866,4		169308		65981		99927		48,7		1,4	
		2000 212720,2		155465		59249		96216		48,6		1,4	
		2001 208728,9		155050		56404		98646		49,2		1,3	
		2002 207577,4		153611		56075		97536		49,2		1,3	
		2003 206403,8		150804		53789		97015		49,1		1,3	
		2004 204866,3		147095		52539		94556		49,2		1,3	
		2005 201107		143704		48689		95015		48,8		1,3	
		2006 200423,6		144850		48324		98526		48,8		1,3	
		2007 193744,2		145770		43870		101837		48,8		1,3	
		2008 189693,8		142243		44089		98154		49		1,3	
		2009 192133,5		143312		43181		100131		48,9		1,3	
		2010 188424,4		137792		40449		97343		48,8		1,3	
		2011 178586,2		129291		38443		90758		49		1,3	
		2012 170340,3		124847		36173		88672		48,8		1,3	
		2013 170158,5		126458		34890		91568		48,7		1,3	
		2014 162199,8		122958		32663		90295		48,6		1,3	
		2015 162022,8		124742		31176		93566		48,5		1,3	
		2016 163791,5		122686		30439		92247		48,8		1,49	
		2017 163085,6		123058		28496		95162		48,6		1,49	
		3750319						416064					

táblázat 30 esztendő után hozzáadtuk a nők számához a ferilitást „természetes” módon visszaalakulna a korfa újra piramis alakúvá, progresszívvé. A valós történelmet megváltoztatva a fikció már több nem létező generáció lehetőségére is rámutat egyfajta imaginárius halmazra, egy alternatív demográfiai módszer segítségével..



7. ábra

Rámutatnak a hiányzó unokákra, a demográfiai piramis a virtuális halmazzal helyreáll. Mi lett volna, ha érvényes maradt volna például az 1950-es szigorú törvény országainkban? Tehát tiltva marad a művi vetélés. A gyermekáldás kincs, hiszen ha visszaradjuk a hiányt, helyreáll a demográfiai piramis, az évszázadokon át növekvő, alulról építkező korfa eredeti mintájára. A bal oldalon a demográfiai piramis hiányára mutat rá, a jobb oldali pedig az ebből adódó korfa progresszív piramis voltának (1900) megváltozását regresszívvé, ami mára már visszafordíthatatlanná vált. Ha a fiktív halmaz valósult volna meg, akkor valószínűleg nem kellene aggódnia a nyugdíj miatt sem.



8. ábra Egy tologatható vonalzó segít

A logarléchez hasonló módon, ha ismerjük az átlagos nemzedékváltások számát, a nők számát egy megadott évben, valamint az átlagos egy nőre jutó gyerekszámot, akkor számítható a gyarapodás, illetve mára már apadás. A 1 táblázat tartalmazza a tényleges statisztikai adatokat, amiből levezetve kapjuk meg a virtuális halmazt. Nagyon sok a befolyásoló tényező, hiszen időben változik a nők életkora az első gyermekük vállalásakor, változik a fertilitás, változnak a halálozási számok is, hiszen tudjuk, hogy hatalmas méretű volt a múltban főleg a szegényebbeknél a gyermekhalandóság. Az ismert számadatok segítségével kifejezhető a képletben az ismeretlen, ha elegendő adat áll a rendelkezésünkre.

Befejezés

Több, mint egy évezred generációinak a váltakozását sikerült megtalálni a genealógiai nemesi jegyzékekben. A konkrét nemesi család több évszázadon keresztül - két különböző nemzedéki ágon ugyanazt a váltószámot adja. Egy hipotézist állítottunk fel, hogy találhatnánk híres embereket, fejedelmeket, sőt királyokat is az Adda, nemesi családban. Ez a feltevés a kutatások alapján be is bizonyult. A generációváltások száma segítségével univerzálisan számítható a generációk növekedése és apadása is. Bejutottunk a számadatokkal képlettel egy imaginárius halmazba is, azokkal, akik nem születhettek meg mennyien lehetnének (már 2-3 generáció!).

Kiderült, hogy az elődök és utódok nemzedékváltásának halmaza nem összehasonlítható egy konkrét genetikai kutatással. Találtunk egy sorozatot, amely a nők ún. fertilitását fejezi ki, ami jelenleg lassú növekedést mutat.

Irodalom

Nagy Iván: Magyarország nemesi családai címerekkel és nemzedéki táblákkal

www.archive.org

www.myheratige.com

www.geni.com

www.genealogy.euweb.cz

www.wikipedia.org

Tóth Attila: Demografické zmeny očami matematika / Demographic changes through the eyes of mathematics, Zborník abstraktov, Banská Bystrica 2021, str. 37 ISBN 978-80-88946-91-5

Gondolatok az új világ népességfolyásának demografiai elemzése alapján / Attila Tóth, Antal Csáky ; recenzent: Ágota Fehér, Attila Pongrácz, 2018.

In: "Útkeresés és újratervzés" : 21. Apáczai-napok konferencia, 2017. november 16, Győr / editor: Judit

Baranyié Kóczy, Ágota Fehér. - Győr : Szécsenyi István Egyetem Apáczai Csere János Kar, 2018. - ISBN 978-615-5837-40-1, S. 154-163.

Hiányzó unokák cikk:

<https://www.mgyosz.hu/hu/index.php?lang=hu&fo=2&al=3&url=../gazdhirek/20151116/5-megdobbento-abra-a-nyugdijakrol.htm>

Katona János, Takács Anna, Nagy Kem Gyula: Matematikai versenyeink és a problémamegoldó gondolkodás

Óbudai Egyetem, Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar
Takács Anna, Budapesti Gazdasági Egyetem
Nagy Kem Gyula, Óbudai Egyetem

Absztrakt: Írásunk a Matematikai lapokban megjelent [Katona, Nagy Kem] és az utóbbi években felmerült újabb kérdések és problémák alapján összehasonlítja a magyarországi országos szintű matematika versenyek többségét. Egy adatbázist hoztunk létre a versenyek publikus eredményeiből, és ennek lekérdezései alapján vonunk le következtetéseket. A cikk egyéb megállapításai a szerzők tapasztalatait, véleményét is tükrözik, főként a matematika tárgy oktatására vonatkozóan és mélységükben a korrepetálástól kezdve a tehetség gondozásig terjednek, érintik az általános, a közép és a felsőoktatást. Kitérünk a pandémia által okozott nehézségekre. Érintjük a „tehetség”, a „jó tanár” és az „elit iskola” fogalmát is.

1. Bevezetés

A Pandémia alatt erősen megváltozott a világ működése, ez talán az oktatást érintette a legjobban. 2020 márciusa előtt nagyon kevesen használtuk a Zoom-ot, illetve egyéb távoktatást segítő elektronikus megoldásokat, amelyeket korábban a különböző e-Learning megoldásoknak köszönhetően fejlesztettek ki. Ezek előnyeit érdemes kihasználni a nagylétszámú évfolyamok előadásainál, illetve az online egyéni konzultációknak vannak előnyei. Az önálló otthoni tanulás és a hagyományos osztálytermi tanulás hatékony ötvözése kulcsfontosságú lesz a jövőbeni siker szempontjából. Az önálló otthoni tanuláson a tananyag megértésén túl jobb esetben hozzágondoljuk annak tovább gondolását, általánosítások, specifikumok keresését. Azt hisszük a hallgatók és az oktatók most már fel vannak készülve a gyors alkalmazkodásra, amennyiben bekövetkezik egy újabb válság, ez persze nem így van, a válságok természetéből adódóan.

A pandémiás időszak alatt létrejött hiányosságok pótlására van szükség, ez a tananyag olyan átalakítását követelné meg amely figyelembe veszi az adott évfolyamok pandémiás időszakra eső ismereteinek hiányosságait a közoktatásban, ez különösen fontos az írás, olvasás, és a számolás oktatására vonatkozóan az alsóbb osztályokban, valamint a matematikára, mivel ennek tananyaga a többi tárggyal ellentétben kevésbé ismétlődik középiskolás évfolyamokon.

Diákjaink matematikát igénylő felsőoktatási tanulmányaira, illetve a későbbi hivatására vonatkozóan elengedhetetlen feltétel a problémamegoldó gondolkodás elsajátítása. A gondolkodás képességének fejlesztése a középiskola elvégzésével intézményes keretek között gyakorlatilag megszűnik. Néhány kivételtől eltekintve felsőoktatásunk és hasonlóan munkahelyeink nem kényszerítik gondolkodásra diákjainkat, alkalmazottaikat; inkább csak a gyakorlati ismeretekre, a rutinszerű feladatmegoldásra helyezik a hangsúlyt.

Legfeljebb néhány szakot, tanszéket, oktatót lehet kivételként megemlíteni, akik szerencsénkre még megtalálhatók egyetemeken. Egyre kevesebben vállalják fel a problémamegoldó gondolkodást követelő oktatás nehézségeit, hiszen ezt a munkát általában a hivatalos tanterv többnyire csak látszólagosan támogatja [Bérces, Dinya, Jäckel, Kozma]. A problémamegoldó

gondolkodásunk fejlesztése (hasonlóan fizikai erőnlétünk fejlesztéséhez), amelyen középiskolás tanáraink adottságaik, lelkiismeretük, lelkesedésük szerint munkálkodnak; a 20-as éveinek elején járó fiatalok átlagát tekintve megáll, hanyatlásnak indul [Avolio és Waldman, Salthouse]. Igaz, hogy más készségek, mint pl. a kommunikációs készség, vagy akár az átlagos intelligencia is fejlődhet tovább. Ezért a gondolkodás tekintetében érdemes minél mélyebb ismeretekre szert tenni a rendelkezésre álló közoktatási időszakban, illetve a továbbiakban ezt a képességet folyamatosan gyakorolni és fejleszteni szükséges [Nagy 2003, Nagy 2015, 2017]

A tömegoktatásra épülő tantervek azon típus feladatai, melyek jobbra a középszintű érettségire készítene fel, kevésbé gyakorlatiasak, és még kevésbé gondolkodtatóak; mindössze visszakerik a leadott ismeretek gerincét. Azokat továbbgondolni nem szükséges; összefüggések meglátását, következtetéseket, analógiák felfedezését a vizsgákon már nem kérik számon. Erről a diákok és a szülők is tehetnek az axiómának tekintett közhelyre hivatkozva: „nem adta le a tanár, tehát nem is kérheti számon”. Ezért a „jó tanár” nem tesz ilyesmit, inkább megadja a legalább kettest, és mindenki „boldog”. Ez a „boldogság” többek számára leginkább azt jelenti, nem kell erőlködni, küzdeni, a dolgok megtörténnek amúgy is, maguktól.

Az iskolai előmenetel a felsőoktatás, a munkahely, azonban általában nem úgy alakul, ahogy a diákok egy része, vagy a diákok egy előző halmazától bizonyosan bővebb halmazának szülei elvárják, mert az elvárás egyre inkább, nemcsak a diploma, hanem a jó diploma. Legyen az hazai vagy külföldi, fontos, hogy jó egyetem adja, így az beszállókártya lehet az áhított hivatás magas színvonalú gyakorlásához, amely különösen a versenyszférában feltételezi tulajdonosának fejlett problémamegoldó képességét. Általános vélemény, hogy ez még csak szükséges feltétele a „sikernek”; mert ahhoz ezen kívül még jó kapcsolatrendszer, és többnyire szerencse is kell. Előbbivel nem foglalkozunk, utóbbit pedig többek által is idézett, napjainkra már közhellyé vált idézet világítja meg igazán: „Minél többet gyakorlok, annál nagyobb a szerencsém.” [Quote]. Tehát a sikerhez, hasonlóan a matematikához illetve a geometriához, ahogy már Eukleidész is mondta: nincs királyi út.

A közelmúltban sok új matematika verseny létesült, a legfontosabb versenyekről találunk rövid összefoglalókat itt: [Cserepek, Versenyvizsga].

A matematikai versenyek több célt szolgálnak:

- Népszerűsítik a tudományt, terjesztik a matematikai ismereteket.
- Hozzájárulnak a pályaaorientációhoz.
- Felkészítik a tanulókat az érettségire, a felvételire, vagy éppen egy másik versenyre.
- A versenyzők össze tudják hasonlítani tudásukat a régió, az ország, vagy éppen a világ többi tanulójának tudásával.
- A színvonalas feladatok fejlesztik a problémamegoldó képességet.
- Fenntartják az érdeklődést, mert a versenyeken mindig előfordulnak igen érdekes és/vagy gyakorlati feladatok.
- A diákok megtanulják a megoldásokat és indoklásokat áttekinthetően, szabatosan, precízen, tömören leírni.

Cikkünkben az elsőként felsorolt négy célhoz kapcsolódóan teszünk észrevételeket. A fennmaradó célok legalább annyira fontosak, de azok mélyebb vizsgálatára e cikkben nem fogunk kitérni. A verseny eredmények adatbázisa alapján vannak igen könnyen és objektíven megválaszolható kérdések is. Például:

- Az X versenyben 2014-ben jó helyezéseket elért diákok milyen eredményeket értek el a korábbi évek versenyeiben?
- Az Y versenyben 2005-ben jó helyezéseket elért diákok milyen eredményeket értek el a későbbi évek versenyeiben?
- A X versenyen elért helyezések mennyiben egyeznek az Y verseny eredményeivel?
- Melyik általános iskolás verseny mutat egyezést az OKTV-vel vagy a Kürschák-kal? Első tíz helyezett közül hány lesz OKTV első tíz helyezettje?
- Melyik általános iskolás korúaknak szóló verseny mutat egyezést a többivel?
- A tesztversenyek mennyire mutatnak egyezést az egyéb versenyekkel?
- Mely diákok és mely tanárok értek el jó eredményeket?

Arra vállalkozunk, hogy feltárjuk tehetséggondozásunk fontos tényezőjét képező versenyeink hierarchiáját. Végigkísérünk néhány évfolyamot az első matematika versenytől a legszínvonalasabb Kürschák versenyig. A résztvevők az elért eredményeik alapján átfogó képet adnak a tehetséggondozásban különleges szerepet játszó iskoláinkról, versenyeinkről. A vizsgált periódus annyiban különleges, hogy már kellő rálátásunk lehet az eseményekre, és nem túl régi ahhoz, hogy a megállapításaink hasznosuljanak a versenyek résztvevőit felkészítő, illetve a versenyek szervezői számára is. [Baróti, Bartha] szerint egyes versenyek a szakemberképzés szempontjából gyakorlatilag minőségbiztosítási funkciót is ellátnak.

2.1 Miért érdemes matematikai feladatokat megoldani.

Sajnos a matematika ismeretek hasznossága, a matematikai alkalmazások sikeressége egyáltalán nem tudatosul mai társadalmunkban. A politika, a gazdaság, valamint a széles média szereplői közül nagyon kevesen hirdetik, hogy a matematika ismereteik segítették gondolkodásukat, személyes karrierjüket, valószínűleg azért, mert nincs hírértéke. Az átlag (média) fogyasztó nem ezt várja.

A diákok többsége képes a problémamegoldó gondolkodás elsajátítására, de nem tanítottuk meg, vagy egyéb okból nem szerezték meg ezt a képességet. Nem mutattuk meg annak örömét csak keveseknek, pedig erre vonatkozóan kiváló munkák érhetők el pl.: [Pólya 1945, Pólya 1962], és ezért sokan más kellemes, gondolkodást talán nem igénylő tevékenységekkel foglalkoztak (-nak). Természetesen olyan hasznos tevékenységekre is szükség van, amelyek rutinszerű gondolkozással, egyszerű algoritmussal megoldhatók, automatizálhatók.

A gondolkodás értékét, annak magas szintű elsajátítását, hétköznapi hasznosságát, társadalmi elfogadottságát már a végzett diplomások kezdő átlagfizetése is jelzi pl. a brit viszonyok között 2. táblázat. Ez a táblázat azonban nem jelzi azt a nagyságrendi különbséget, amit a versenyszféra képes nyújtani a legszínvonalasabb egyetemek végzős, problémamegoldásból jeles hallgatóinak:

Medicine	Biological	Veterinary	Agricultur	Physical	Mathemati	Computer	Engineerir	Architect	Social stu	Law	Business	Commun	Education
£28 500	£18 500	£27 000	£19 500	£21 500	£24 500	£24 000	£25 500	£22 500	£22 500	£19 500	£22 500	£18 000	£20 500

1. Táblázat: A teremtő gondolkodás, az ahhoz vezető probléma-megoldás társadalmi igénye, presztízse növekszik az algoritmizálható tevékenységekkel szemben, hiszen utóbbiak könnyen gépesíthetők. Ezt támasztják alá azok az előrejelzések, amelyek hosszú távon a matematika szakokat gondolják a legjobban dotált majdani hivatásnak az orvosi szakok mellett. [UK domiciled...]

2.2 Országos Matematikai Versenyeink adatai 2005-2014-ig

Kellően távol mégis közel, hogy a felsőoktatást és az előmenetelt is reprezentálja

Azért, hogy a 2. ábrán látható jelentős egyéni matematika versenyeken legjobban teljesítők eredményeit össze tudjuk hasonlítani, egy adatbázist hoztunk létre a 2005-től 2014-ig terjedő versenyek szervezői által rendelkezésünkre bocsátott adataiból. Ezúton is köszönetet mondunk az egyes versenyek szervezőinek, hogy az adatokat rendelkezésre bocsátották.

Az adatbázist egy közismert, irodai adatbázis-kezelő szoftverrel hoztuk létre, amelynek lehetőségei elegendőek a feladat az elvégzésére. Előnyös az is, hogy az adatok és lekérdezések később exportálhatók egy professzionálisabb rendszerbe.

A lenti táblázat az helyezések táblában szereplő rekordok számát mutatja versenyenként, évenkénti bontásban. A lekérdezéseknél általában csak az első legfeljebb tíz vagy húsz eredményt vettük figyelembe, eltekintve a Kürschák verseny eredményeitől, ahol minden eredményt tekintettünk, amely a Kürschák jelentésben megemlítésre került.

verseny	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Abacus		516	595	670	533	549	608	393	360	365						
Alapművelet			50	83	81	118	96	97	99	100	99	115	101	101	94	109
Arany				77	98	71	75	74	59	54	76	56	69	52		
Bátaszéki	41	37	39	40	37	38	36	40	40							
Kalmár	61	61	62	61	67	62	62	66	59	40	40	40				
Kenguru		221	227	455	664	237	452	295	470	1018	1037	1019	1007	269	271	292
Kürshák				6	9	4	6	3	12	4	9	12	5	11		
OKTV				20	90	60	91	90	145	142	62	60	60	60		
Varga		44	42	43	43	46	47	44	42							
Zrinyi				180	180	180	180	180	180							

2. táblázat. A vizsgálataink során az adatokat a táblázatban található versenyek megfelelő évfolyamai első tíz helyezettjének eredményeiből számítottuk.

Az adatbázis kezdetben 3 fő táblából állt:

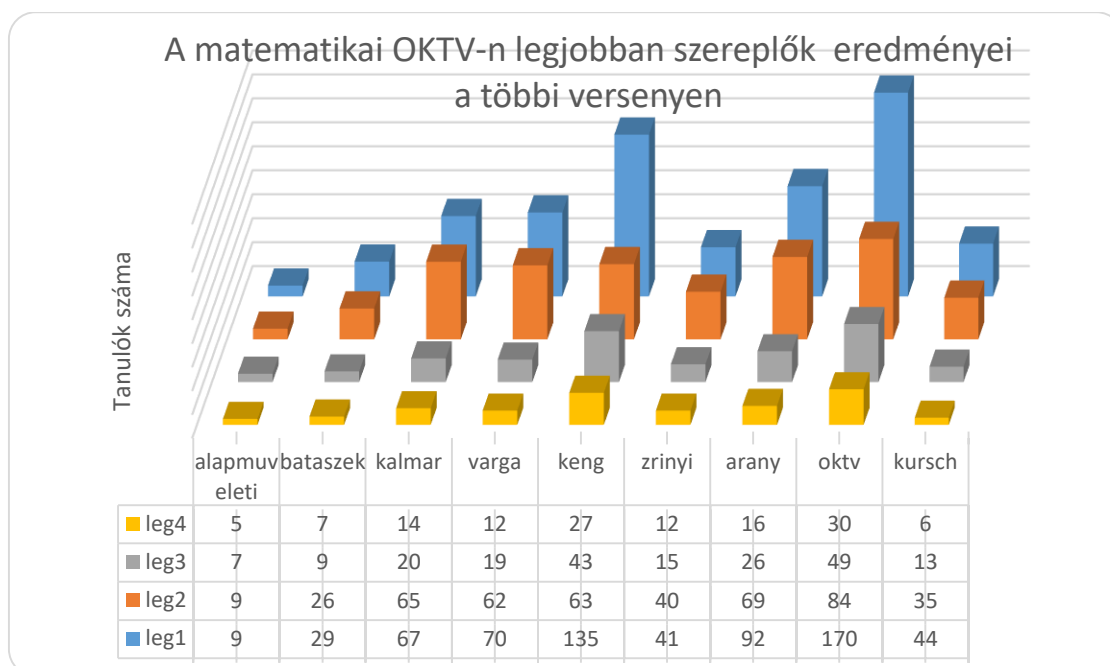
A helyezést tároltuk szövegesen (pl. 3. helyezés, 2. dicséret) és átváltottuk számokra is. Ez jelentette az egyik legnagyobb, nehezen automatizálható feladatot. Például, ha egy versenyen három fő első helyezettet hirdettek, akkor ott a második helyezett a rangsorban a negyedik lett. Ha pedig öt fő ért el második helyezést, ők a negyedikről a nyolcadik helyet foglalták el.

A másik nagy feladatot az jelentette, hogy a nagyon sokféle formátumban rendelkezésre álló adatokat egységes rendszerbe kellett konvertálni. Kaptunk adatokat DOC, XLS, TXT, RTF és PDF formátumban, de ezeknek az oszlopsorrendje is gyakran különböző volt. A használt karakterkódolások is eltérőek voltak, ami az ékezetes betűknél okozhatott nehézséget. Az oszlopok néha szóközzel vagy szóközökkel, néha tabulátorral vagy tabulátorokkal voltak elválasztva, néha pedig valódi táblázatként érkeztek. Szintén nehezítette az automatizálást a nem megfelelő tördelés, és az egységesség hiánya. Különösen nehéz volt PDF-ből konvertálni.

A fent leírt adatbázist felhasználva olyan lekérdezéseket készítettünk, amelyek eredményeként megválaszolhatjuk a 2. fejezet elején feltett kérdéseket, illetve fényt deríthetünk a versenyek tehetséggondozásban játszott szerepére. Szeretnénk megerősíteni, megosztani néhány gondolatot, amelyet a kiolvasott adatok alátámasztottak, inspiráltak, illetve érintik a versenyek minőségét így a tehetséggondozásunk minőségét is.

3. A verseny, mint mérés megméréstetése

Országos matematika versenyeinket, vizsgáinkat szeretnénk megmérni, összehasonlítani eredményességük szempontjából.



1. ábra. Azt kérdeztük, hogy az OKTV-n jól teljesítők (1-10. helyezés) között hányan teljesítettek jól az adott versenyben (a táblázat legalsó sora: leg1). Az adott versenyben és még egy másikban az első hat verseny közül (a táblázatban alulról a második sor: leg2) stb. Jól látható az egyes sorokat tekintve, hogy a versenyen hányan vettek részt és értek el jó helyezést azok, akik később az OKTV-n is jól szerepeltek.

Ezt lehetne úgy is mérni, hogy azt vizsgálnánk, hogy a versenyzők mennyire elégedettek a versennyel, lehetne úgy, hogy megnéznénk felvételi eredményeiket, és lehetne úgy is, hogy elemeznénk későbbi munkájuk során elért eredményeiket, ezekhez nincsenek adataink. Így azt vizsgáltuk, hogy a fiatalabb korú versenyzők eredményei mennyire kapcsolódnak a közoktatás végső szakaszában levő versenyekhez. Ezt mutatja az 2. ábra grafikonja.

Az Alapműveleti, illetve a Bátaszéki verseny alacsonyabb mutatói a versenyek ismertségének, vagy a számon kért készségek a többi versenytől való eltérésének lehet az eredménye, esetleg más okoknak tulajdonítható, ennek megállapítása további vizsgálatot igényelne. A Kalmár és a Varga számai közel azonosak, de elmaradnak az OKTV-n résztvevők számai mögött ez bizonyosan az eltérő kategóriák, illetve évfolyamok miatt alakult így. Valószínűleg a nevezési díjas fejezetben említett okok miatt alacsonyok a Zrínyi verseny számai. A Kenguru különösen jó teljesítménye valójában csak annak köszönhető, hogy versenyeit nemcsak az általános iskolai, hanem a 9. évfolyamtól a 12. évfolyamig is indítja. Lentebb, amikor a Kürschák versennyel hasonlítjuk majd össze, akkor csak a 8. évfolyamig fogjuk keresni a tanulókat ebben a versenyben is. Nagyobb egyezés azért nincs, mert a legjobbak közül sem mindenki vett részt ezen a versenyen, ugyanis a felsőbb osztályos versenyzők, illetve tanáraik nem preferálták annyira a tesztversenyeket.

3.1 Nevezési díjas versenyek

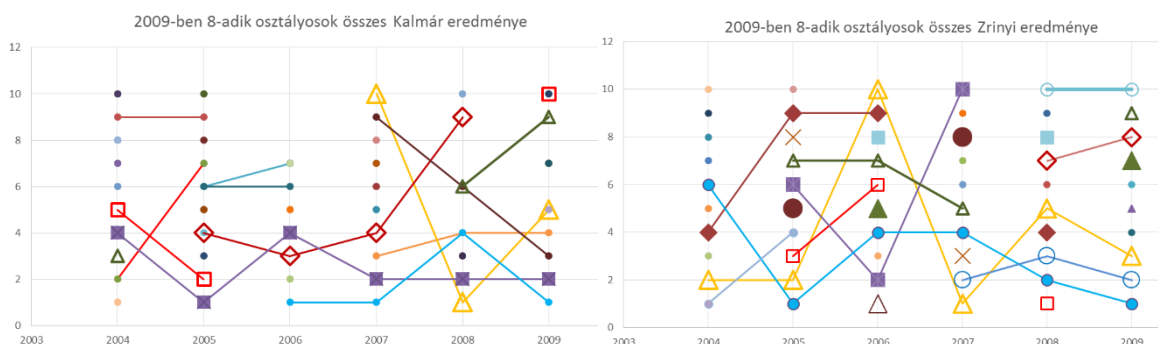
Bizonyos versenyek, a 2. ábra első hat versenye is ilyen, nevezési díjat kérnek a résztvevőktől és pályázati forrásokból is fedezik a verseny költségeit. Ez általában biztosítja a verseny színvonalas lebonyolítását. Így a szervezők érdekeltek a versenyzői létszámok emelkedésében, a versenyszabályzat által kialakított körzeteikből a jelentkezők arányában jutnak tovább a versenyzők, az első helyezett

biztosan tovább jut, azonban előfordulhat, hogy jobb pontszámot elért versenyző egy másik körzetből nem kerül döntőbe, így bizonyos körzetekből gyengébb eredménnyel is tovább lehet jutni a döntőbe.

Így e versenyek helyezései hasonlóan a kieséses versenyek eredményeihez nem feltétlenül tükrözik a tényleges sorrendet a feladatmegoldó képesség tekintetében. Így előfordulhatott, hogy a Kalmár második és harmadik helyezette nem lett döntős a Zrínyiben. A többiek viszont döntőbe kerültek, de ott többnyire gyengébben teljesítettek, ennek okai lehetnek még a következők, a kitűzött feladatoknak több mint fele rutinszerű feladat. Ezzel növekszik a verseny népszerűsége, hiszen így a gyengébb versenyzők nagy része is képes megoldani néhány feladatot, így nem érzi haszontalannak a részvételt. Előfordulhat azonban, hogy még a jobb megoldók is a sok rutinszerű feladat közül néhányat eltévesztenek. Így ezek a versenyek különösen a tesztversenyek nemcsak a problémamegoldó gondolkodást, hanem közel azonos súllyal a gyorsaságot, precízséget és a kitartást is tesztelik.

3.2 Tesztversenyek

A tehetséggondozással foglalkozó kollegák egy része szerint, ezek a versenyek nem feltétlenül azokat a képességeket mérik, mint amelyeket a hagyományos, indoklást, bizonyítást igénylő versenyek mérnek. A lekérdezésekből készített grafikonok szintén ezt támasztják alá, hiszen pl. a Kalmár verseny legjobb helyezettei közül csak három került a Zrínyiben az első tíz helyezett közé. Hosszabb ciklusban megfigyelve azonban e versenyek legjobb helyezetteit, feltűnik, hogy a tartósan, több éven keresztül jól teljesítők mindkét verseny típusban rendszeresen, legtöbbször ismétlődően érnek el jó eredményt, mint ahogy ezt a következő ábrákon is látható. Az azonos színű és formájú jelek ugyanazt a tanulót jelölik egy ábrán belül, ha az első tíz között szerepeltek egymást követő év (-ek)-ben is, akkor a megfelelő pontok össze is vannak kötve a megfelelő színű vonallal.



2. ábra. Mennyire változtak az azonos évfolyamra járók versenyeredményei (első helytől a tizedik helyig az évek során az adott versenyen belül)? Az első egy Kalmár a második egy Zrínyi verseny grafikonját, illetve gráfját mutatja, a 3. osztálytól a 8. osztályig 2004-2009-ig. Jól kivehető az egyes versenyzők eredményeinek változása az évek során. (Elektronikus verzióban színesben.)

3.3 Mobilitás a legjobb versenyzők között

Mennyire változnak az azonos évfolyamra járók verseny eredményei az évek során egy adott versenyen belül? Az ábra egy Kalmár és egy Zrínyi verseny grafikonját, illetve gráfját mutatja, ezeket vizsgálva nehéz különbségeket felfedezni, de ha a függőleges oszlopokban található éleket vizsgáljuk, akkor mindössze három él elhagyásával mindkét gráf két különálló részre bomlik, ennek magyarázata a Kalmár esetében az is lehet, hogy más szervezi a 3. és 4. osztályos versenyeket, mint a többi. Ezt támasztja alá az, hogy a Zrínyiben a kiosztott 60 helyezést 31 diák, míg a Kalmár verseny 65 helyezését 39 diák kapta. Lehetne ez a nagyobb mobilitás példája, azonban ez a különbség döntően az első két évben mutatkozik, hiszen a Kalmárban 22 diákból 6 (27%) tudott az első között szerepelni a későbbi években, míg a Zrínyi 19 versenyzőjéből 11 (58%). A Zrínyi kapcsán nem tudunk megfelelő indokot a 4. oszlop alacsony élszámára vonatkozóan, hacsak nem a hatosztályos gimnáziumokba történő iskolaváltást. Ha tüzetesebben megvizsgáljuk a jobb oldali grafikon, mint gráfot akkor a 2006. év és a

2008. év eredményei között találunk még három azonos diákot, akik 2007-ben éppen nem szerepeltek az első tíz között. Tehát az összes kapcsolatot tekintve a jobb oldali gráf több kapcsolattal rendelkezik így a versenyzők mobilitása kisebb, ez azonban valószínűleg a Kalmár verseny 3. és 4. osztályos versenyének eltérő követelményeiből fakad.

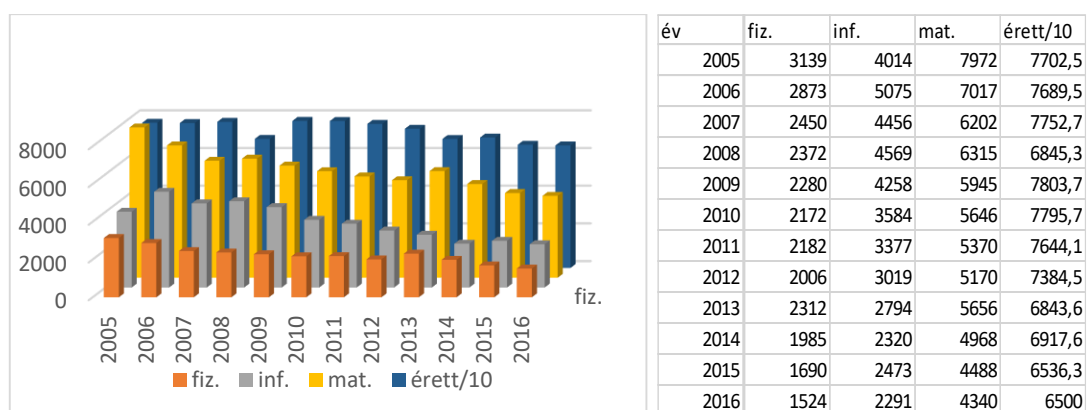
3.4 Otthoni környezetben írt verseny összevetése a zárthelyi versenyekkel

A KöMaL és az Abacus versenyek esetében nem ellenőrizhető, hogy a beküldő mennyi ideig dolgozott a feladatokon, illetve, hogy milyen (megengedett) forrásokat használt. Lehet találni néhány olyan versenyzőt, akinek zárt helyen időre megírt dolgozata eredményei nem korrelálnak az otthoni eredményekkel. Előfordulhat ilyen lámpaláz, stressz, lassúság következményeként, érdemes azonban további erőfeszítéseket tenni az okok felderítésére és javítására. Hiszen a kiválóság eléréséhez sokszor versenyhelyzetben is jól kell gondolkodni.

3.5 Az érettségi

2014-ben 76.423-an tettek matematikából középszintű, míg mindössze 3.593-an tettek emeltszintű érettségi vizsgát. Érdekes, hogy nagyságrendileg azonos számú diák (4.968 fő) jelentkezett ebben az évben a matematikai OKTV-kre a 11-12-dik évfolyamokból, nem tudjuk mekkora a két halmaz közös része. Erre az évre vonatkozóan a [Bánky és mások] felmérés egyik megállapítása, hogy a legnagyobb tudásfőlény a matematika esetében mutatkozott meg a vizsgálatban résztvevő diákok eredményei és a középszintű vizsgázók között. „Ez talán értelmezhető úgy, hogy az emelt és a középszintű tudás között a matematika tartalmi területén van a legmarkánsabb eltérés.” Szerintünk ez a matematikai versenyek kialakult struktúrájának, hierarchiájának is köszönhető, amelyet cikkünkben részletesen vizsgálunk. Ha figyelembe vesszük a közelmúlt matematika versenyek létszámait egy adott évben, akkor közel 10 ezer diákra tehető közoktatásunk egy-egy korai évfolyamában a matematika versenyeken résztvevők száma, ez a késői évfolyamok esetében mindössze kétezer tanulót jelent (a 3. grafikon két évfolyam a 11. és a 12. évfolyam létszámának összegét mutatja, hiszen az OKTV nem választja szét a két évfolyamot).

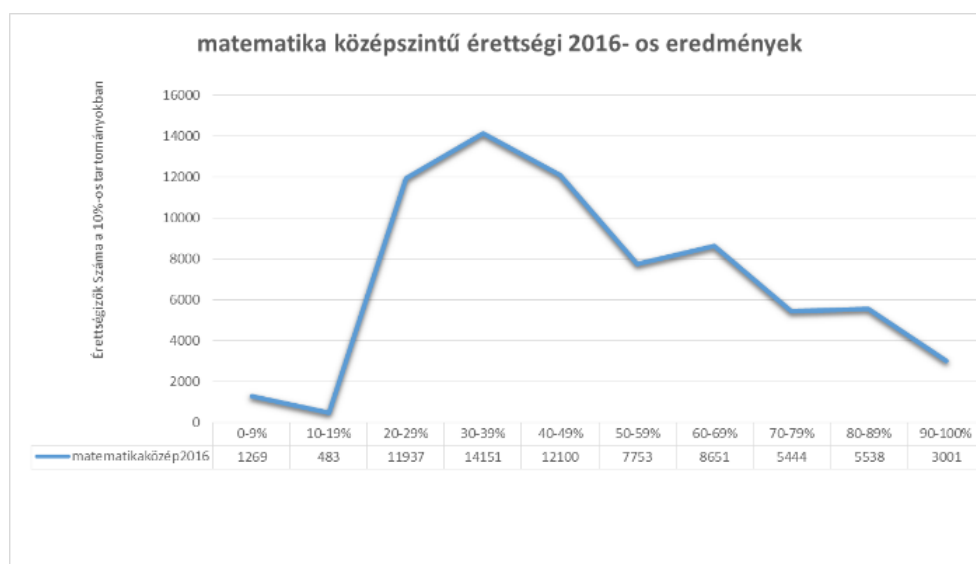
Sajnos még rosszabb eredményt kapunk, ha az idősort vizsgáljuk, mert a versenyekben résztvevők száma 10 év alatt ötödére csökkent, azaz ugyanannak a diáknak tized annyi vetélytársa van a tanulmányai végén, mint alsós elemiben.



3. ábra OKTV jelentkezők az érettségizettek számának összehasonlítása 2005-2016-ig.

Diákjaink nagy része elveszíti lelkesedését a gondolkodás, a problémamegoldás iránt; más irányú lesz érdeklődésük, pedig fontos lenne a jó eredmények fenntartása érdekében a

megfelelően hosszú „kispad” a középosztály fenntartása, amely nem hagyja, hogy a legjobbak a babérjaikon üljenek. Meglepő statisztika látható a fenti grafikonon. A matematika OKTV jelentkezők száma a vizsgált tíz év alatt a felére csökkent, míg a nappalis végzős érettségizők száma 77 ezerről mindössze 65 ezerre csökkent, hasonlóan a magyarországi korfa megfelelő szintjeihez (a nagy eltérés a korfa szintjeiben egy 5 éves ciklussal korábban volt) [Wikipédia].



4. ábra. A matematikai közoktatás eredményességét látjuk a 2016-os adatok tükrében. További vizsgálatok szükségesek a normálistól **erősen** eltérő eloszlás magyarázatára.

Ez nem lesz elég a kiválósághoz, ahhoz sem, hogy jó problémamegoldók legyünk. Az érdeklődő, tehetséges diákok fejlesztéséhez megoldást jelenthetnek a különböző szakkörök, táborok, hozzáértő hozzátartozók, interneten elérhető segédanyagok, magántanár (-ok), nevezzük inkább mentornak és természetesen a versenyek. Utóbbiakról a további következtetések vonhatók le az adatbázisból.

4. Összegzés

Az intézmények, a tanárok, a szülők és a diákok valahogy megoldják a COVID-19 alatt és után a oktatási folyamatokban keletkezett károk helyreállítását. Ehhez a tananyag általában szabadon elérhető.

Közoktatási intézményeinkben az egyetemeken a jelenléti oktatást megkönnyebbülve fogadjuk, de nem szabad elfelejtenünk, hogy a válság intézkedései maradandó nyomot hagynak. Sajnos várható, hogy a felelős szervek delegálva a felelősséget az intézmények vezetői felé, ezentúl a kisebb problémák kezelése is a jelenléti oktatás megszüntetésével valósul meg. A felsőoktatásban valószínűleg tovább fog gyorsulni az e-learning térhódítása, hiszen ezt a területet is gazdasági kényszerek szorongatják, pedig a jelenléti oktatás előnyei nehezen megkérdőjelezhetők, a jelenléti jelzöt el is hagyhatjuk.

Irodalom:

Avolio, Bruce J.; Waldman, David A.: Variations in cognitive, perceptual, and psychomotor abilities across the working life span: Examining the effects of race, sex, experience, education, and occupational type. *Psychology and Aging*, Vol 9 (3), Sep 1994, 430-442.

Bánky Judit, Somfai Zsuzsa, Lajos Józsefné, Morvay Zsuzsanna, Wintsche Gergely: „Közép- és emelt szintű értékelési skálák összehasonlítása” tárgyú kutatás-fejlesztési projekt összehasonlító elemzésmatematika vizsgatárgyból,

https://www.oktatas.hu/pub_bin/dload/unios_projektek/tamop318/ertekelesi_skalak_osszehasonlitasa/ertekelesi_skalak_matematika.pdf

Baróti György és Bartha Gábor, Arany Dániel verseny in [Cserepek] p. 40–45

Bérces R. The Improvement of Higher Education Quality and Talent-Nurturing with Scientific Students' Association (SSA) Commitment. *Acta Polytechnica Hungarica* Vol. 12, No. 5, 2015

Cserepek a magyarországi matematikai tehetséggondozó műhelyekből. Szerkesztők: Ács Katalin, Csordás Mihály, Kosztolányi József, Lajos Józsefné, Nagy Tibor. Bolyai János Matematikai Társulat, Budapest, 2010

Dinya, L. (2005): A felsőoktatás marketingkihívásai, Marketingoktatás és kutatás a változó Európai Unióban, Szent István Egyetem, Győr, MOK konferencia.

Jäckel K. 2010. Frontvonal audit a felsőoktatásban, a felsőoktatás konfliktushelyzeteinek feltárása. Doktori értekezés, Gödöllő 2010

Katona János; Nagy Kem Gyula (2019) The CAD 3D course improves students' spatial skills in the technology and design education, *Ybl Journal Of Built Environment* 7 : 1 pp. 26-37. , 12 p.

Katona, János; Nagy Kem, Gyula(2021) Matematikai Versenyeink, *Matematikai Lapok* 2017-2018/1 pp. 1-34. , 34 p.

Kozma T, A minőségbiztosítás szerepe és fejlesztése a felsőoktatási intézményekben és annak hallgatói értelmezése a gyakorlatban, Doktori értekezés. 208 p.

Nagy Gy. 2003. Tudományok katalizátora, a KöMaL. *Magyar Tudomány*, 11, p. 1455. <http://www.matud.iif.hu/03nov/016.html>

Nagy Gy. 2015. A problémamegoldás megismerésének magyar módszere *MATEMATIKAI LAPOK* 21:(2) 44-56.

Nagy Gy. 2017 Developing Problem-solving Skills. *Mathematics Competition* 29 (2), 26-41 <http://www.wfnmc.org/Journal%202016%202.pdf#page=31>

Pólya Gy. 1945, *How to Solve It: A New Aspect of Mathematical Method*. Princeton University Press, 1945. magyarul: *A gondolkodás iskolája*, Gondolat Kiadó. 1969

Pólya Gy. 1962. *Mathematical Discovery. On understanding, Learning, and Teaching Problem Solving*, John Wiley and Sons, Magyarul: *A problémamegoldás iskolája*, Tankönyvkiadó. 1985.

Quote: <https://quoteinvestigator.com/2010/07/14/luck/>

Salthouse TA. 2009. When does age-related cognitive decline begin? *Neurobiol. Aging* 30:507–14

Versenyvizsga: Czinkán Zs., Németh A., Mészáros G., Bognár Z., Ratkó É., Miklós I., Gnadig P., Nagy, Gy. (2005). KöMaL. Versenyvizsga. Ellenőrizve 2018. szeptember 12. <http://versenyvizsga.hu/>

UK domiciled full-time leavers who obtained first degree qualifications and entered full-time paid work^ in the UK by subject area**, location of HE provider, sex and salary‡ 2014/15 Table 10. <https://www.hesa.ac.uk/news/30-06-2016/sfr237-destinations-of-leavers>

Wikipédia:

https://hu.wikipedia.org/wiki/Magyarorsz%C3%A1g_n%C3%A9pess%C3%A9ge#/media/File:Hungary_pp_2005.png

Péter Nagy, Péter Tasnádi: Investigation of planar motions with computer simulation

¹ GAMF Faculty, John von Neumann University, Kecskemét, Hungary

² Faculty of Science, Eötvös Loránd University, Budapest, Hungary

1. Introduction

It is common experience that students' level of knowledge, skills, and motivation in the field of science have all declined sharply in recent years. The reasons for this are manifold: on the one hand, there are fewer young people due to demographic decline; on the other hand, the standard of secondary education has declined noticeably; finally, the impact of the whole society turning away from natural sciences cannot be neglected either. It has become clear that a kind of paradigm shift is needed in science education, instead of the descriptive-explanatory methods an illustration-oriented approach should be applied, which can make physics education more enjoyable and successful. During curriculum development, the exact, field-specific sub-results should be simplified in such a way that the essence is retained, at the same time the details should be moulded into a whole with a unified approach and arousing interest. An important aspect is the inclusion of new, preferably practice-oriented topics in education, as these can increase students' interest and show the extent to which physics plays a decisive role in everyday life.







Computers have opened up a new dimension for physics as well, with the emergence of computer-aided experimental physics as a completely new method of study. With the help of computer simulations, we can obtain relevant quantitative information about models that were previously not discussed at all or only qualitatively. Dynamics Solver (hereinafter DS) is a freely downloadable program [1], which is specifically designed to simulate dynamic systems. For the authors of the present study, its use has brought real breakthroughs in both education and research.

The essential features of Dynamics Solver:

- freely downloadable,
- requires minimum programming knowledge to use,
- characterised by high level of validity, strong reliability,
- extremely fast,
- amazingly flexible, almost any dynamic system model can be specified in it.

Using DS does not assume any previous programming knowledge: all the information needed for the simulation is entered through user-friendly dialog boxes and the display and extraction of a wide range of graphical and numerical results is very simple. The program's powerful built-in compiler turns a wide range of standard-form mathematical expressions into outstandingly fast-running internal code. Because of the above, DS is a highly effective tool for studying dynamic systems.

Models created in Dynamics Solver are saved as ASCII text *problem files* with *.ds extension by the program, so one could actually write them with a simple text editor, but of course the

creation of the model is much more obvious and clear in the very user-friendly interface of the program. We created a brief overview for using the program in Hungarian [2] and English [3], but the most basic functions required to run the *.ds problem files related to this study are also listed here briefly: the  icon is used for running, the  icon is used for stopping (pausing), the  icon is used for continuing, the  icon is used for deleting the graphical windows, the  icon is used for displaying the parameter table and the  icon is used for displaying the initial conditions table.

With the help of DS, students can understand the basic concepts and methods of dynamics almost by playing, and by using simulations they can experience the feeling of research and discovery.

2. The central force field and the emerging forms of motion

In the case of a so-called **central force field**, the potential energy determining the motion of an arbitrary point of mass depends only on the distance r measured from a given point (centre), so:

$$V(r). \quad (2.1.a)$$

In this case the force acting on the point of mass is

$$\vec{F} = -\frac{dV}{dr} \frac{\vec{r}}{r}, \quad (2.1.b)$$

whose line of action always passes through a fixed point of the reference frame, the centre (in most cases we choose the origin O of our coordinate system here) (see Figure 1).

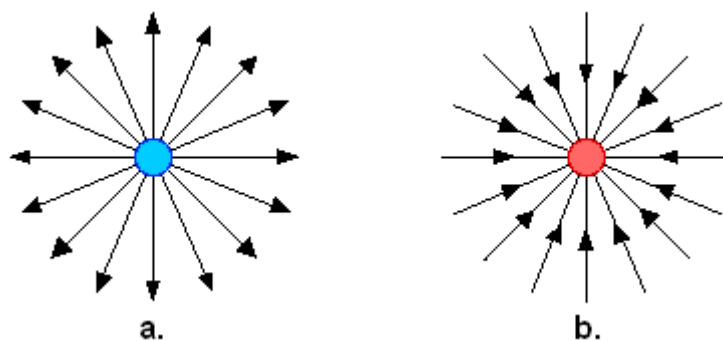


Figure 1. Representing a central force field (a.: repulsive, b.: attractive force field)

The most important central force fields - which are also the most common in nature - are those in which potential energy is inversely proportional to distance r :

$$V(r) = -\frac{\alpha}{r}, \quad (2.2.a)$$

where $\alpha > 0$ for an attractive and $\alpha < 0$ for a repulsive force field. From (2.1.b) force is proportional to $\frac{1}{r^2}$, where r is the distance:

$$F(r) = \frac{\alpha}{r^2}. \quad (2.2.b)$$

The two most important, most well-known $1/r$ type central force fields are:

- gravitational force (the force field of a body with mass M , under the condition $M \gg m$):
 $\alpha = G \cdot M \cdot m$,
- Coulomb force (the force field of a body with mass M and charge Q , under the condition $M \gg m$): $\alpha = \frac{-Q \cdot q}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon_0 \cdot \epsilon_r}$.

A brief theoretical discussion of motions resulting in the central force fields given by formulas (2.2) is given in the Appendix. In this section, we only highlight the most important results derived for the forms of motion. Essentially, the trajectory of the resulting motion is the conic section with equation:

$$r(\varphi) = \frac{p}{1 + e \cdot \cos \varphi} \quad (2.3.a)$$

(in polar coordinate system), whose parameters are

$$p = \frac{J^2}{m\alpha} \text{ and } e = \sqrt{1 + \frac{2EJ^2}{m\alpha^2}}, \quad (2.3.b)$$

where E is the total mechanical energy of the body and J is the angular momentum (rotational momentum) defined by formula $\vec{J} = m \cdot \vec{r} \times \vec{v}$.

We have also concluded that the trajectory of a moving body of mass m will be closed (finite) or open (infinite) depending on the total mechanical energy E of the body.

2.1. Closed trajectories (orbits)

In the case of $E < 0$ the body with mass m moves on an *elliptical trajectory with parameter p and eccentricity e* , for which:

- the major and minor axes of the ellipse are $a = \frac{p}{1 - e^2} = \frac{\alpha}{2|E|}$, $b = a \cdot \sqrt{1 - e^2}$,
- (2.4.a)

- and the orbital period is $T_p = \pi\alpha \sqrt{\frac{m}{2|E|^3}}$.
- (2.4.b)

(a) Gravitational field (planetary motion, Kepler's laws)

In the gravitational force field of a body with mass M ($\alpha = G \cdot M \cdot m$), using formulas (2.4):

$$\frac{a^3}{T_p^2} = \frac{\left(\frac{\alpha}{2|E|}\right)^3}{\left(\pi\alpha\sqrt{\frac{m}{2|E|^3}}\right)^2} = \frac{G \cdot M}{(2\pi)^2} = \text{constant} \quad (2.5)$$

which is **Kepler's 3rd law**, and the appearance of the elliptical trajectory itself is **Kepler's 1st law**. In Appendix F.1 we show that in a central force field angular momentum is constant, so *the area swept out by a point of mass moving in a central force field in a unit time*,

$$\dot{T} = \frac{1}{2} |v_x \cdot y - v_y \cdot x| \quad (2.6)$$

is constant. This is **Kepler's 2nd law**: the line joining a planet with the Sun sweeps out equal areas in equal time intervals.

(Remark: in the case of $e=0$, that is, in the case of an energy value $E = E_{\text{circle}} = -\frac{m\alpha^2}{2J^2}$
 $a = b = p$, so the trajectory is a circle.

(b) Electrostatic field (electron orbits, Bohr-Sommerfeld model)

In the quasi classical quantum theory, according to the Bohr-Sommerfeld model describing the structure of atoms, negatively charged electrons are located in elliptical orbits around a positively charged nucleus, so they essentially form a tiny solar system. In this case, instead of gravitational force electrostatic Coulomb force acts (attractive in the case of opposite charges)

$$\text{and } \alpha = \frac{-Q \cdot q}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r}.$$

The full physical state of all electrons in an atom can be described by four quantum numbers.

The *principal quantum number* n ($n = 1, 2, 3, \dots$) describes the size (the average distance of the electron from the nucleus) and the energy of the orbit, while the *azimuthal quantum number* l ($l = 0, 1, 2, 3, \dots, n-1$) describes the shape and the angular momentum of the orbit (see Figure 2). We now know that this picture is not realistic, but within a given framework it is very successful (e.g. in the description of chemical properties) and, above all, very illustrative.

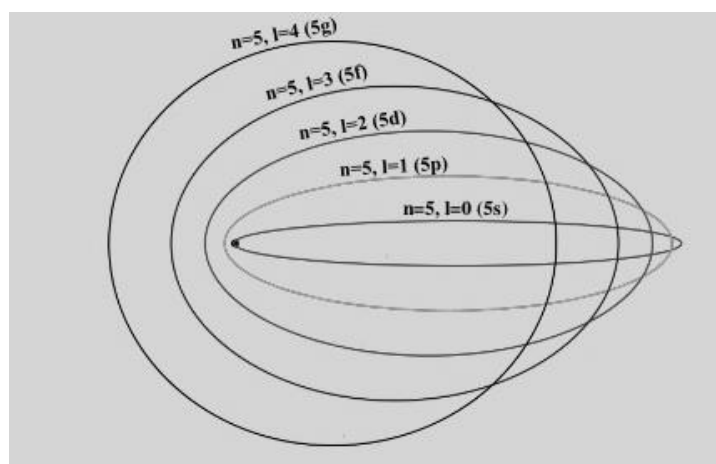


Figure 2. Electron orbits in the Bohr-Sommerfeld atom model

2.2. Open orbits

In the case of $E > 0$ the body moves on an open (infinite) hyperbolic trajectory (in the special case of $E = 0$ the trajectory is a parabola).

A more detailed discussion is given in Appendix F.2, here we summarize only the most important practical examples.

2.2.a. Deflection in a central gravitational force field

Figure 3 shows the hyperbolic trajectory of a body moving in an attractive central force field, the body with mass m moving at an initial speed v_0 at a large distance from the centre of attraction would pass at distance D from the object with mass M ($M \gg m$), if it was not deflected by the gravitational field of the centre of attraction.

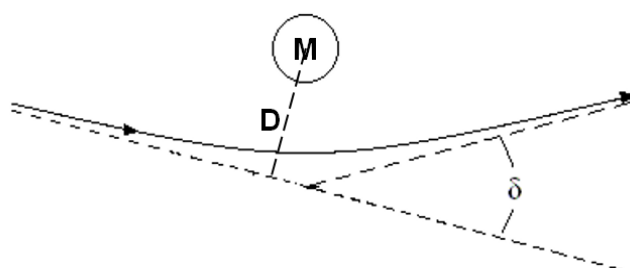


Figure 3. Deflection of trajectory in a central gravitational force field

Thus, in the gravitational force field of mass M , it is deflected by angle δ moving in a hyperbolic orbit. The hyperbola has two non-intersecting and non-touching arms, the trajectory of the body being the hyperbola arm closer to the centre of attraction. As the distance from the axis of symmetry increases beyond all limits, the two ends of the hyperbola arm approach two straight lines called asymptotes, the deflection δ is the angle enclosed by the two asymptotes.

According to the formula (F.2.8) obtained through purely classical physical derivation

$$\delta = 2 \frac{G \cdot M}{D \cdot v_0^2} . \quad (2.7)$$

2.2.b. Particle scattering

The scattering of an electrically charged particle on an electromagnetic force centre or on another charged particle is called Coulomb scattering. It was first investigated experimentally by Rutherford by scattering alpha particles on gold nuclei, called *Rutherford's scattering experiment* (Figure 4).

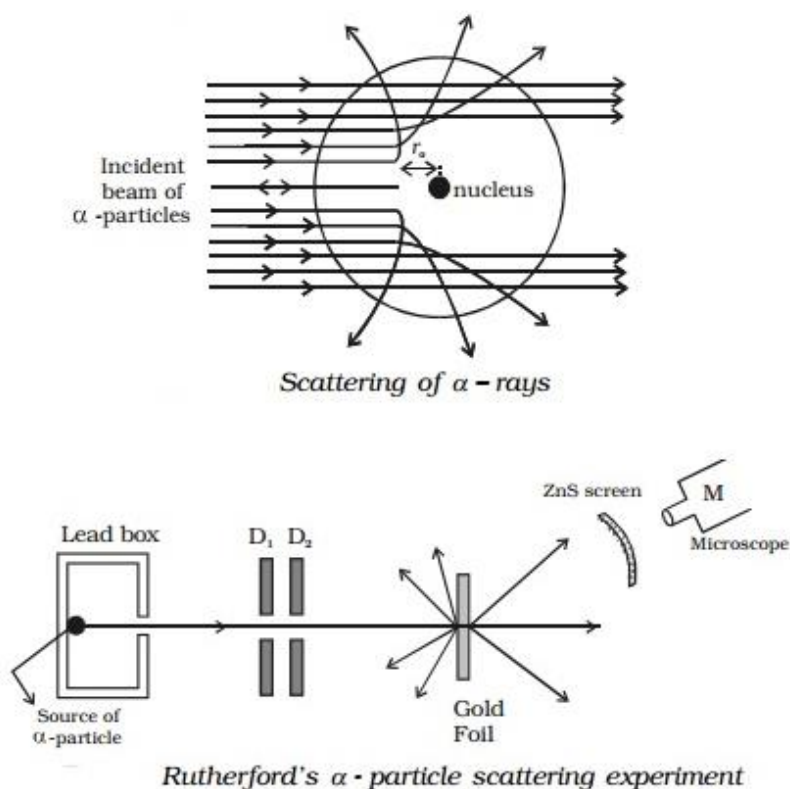


Figure 4. Rutherford scattering

2.2.c. Deflection of light

In modern physics (quantum theory and relativity), light is also considered to be a material object with mass, so perhaps the most important application of our considerations – also of outstanding history of science importance - is the deflection of light when passing near a massive body (e.g. the Sun). Unfortunately, classical physics becomes inaccurate at high speeds, so in this case we have to rely on the theory of relativity, which results in a relativistic angular deflection being twice the value given by the classical formula (see Appendix F.2):

$$\delta = 4 \frac{G \cdot M}{D \cdot v_0^2} . \quad (2.8)$$

The deflection of light close to the Sun provided the first experimental evidence to prove general relativity. In 1919, utilizing a solar eclipse, English astronomer A. Eddington measured the deflection of light from stars near the Sun (while moving towards the Earth their light passes

close to the Sun) and the results of the measurement clearly matched the relativistic formula (see Table 1).

	deflection of light close to the Sun (arcseconds)
calculated based on classical physics	0.87
calculated based on the theory of relativity	1.75
measured (Eddington)	1.74±0.03

Table 1. Deflection of light close to the Sun

3. Simulations – computer-aided experimental physics

The exercises discussed in this chapter offer the experience of real *computer-aided experimental physics*, the joy of personal “discovery”, so it is worth experimenting with your own attempts, it is worth the time dedicated to it. Therefore, we recommend that you try to find your own solutions to the following exercises, but we provide some help in Appendix F.3.

In the following exercises, study the numerical simulation of motions resulting in a gravitational force field with $\alpha = G \cdot M \cdot m$ by running problem file *grav_sim.ds*, which can be found in our downloadable folder *DS_simulations* [3].

If you would like to understand the operation of the simulation in detail, then check the structure of the problem file (following the help mentioned in the Introduction through menu items *Type...*, *Variables...*, *Parameters...*, *Equations...*, *Initial conditions...* and *Range...* in the *Edit* menu). This is absolutely not necessary; you can experiment with the simulation program using the basic functions described at the end of the Introduction.

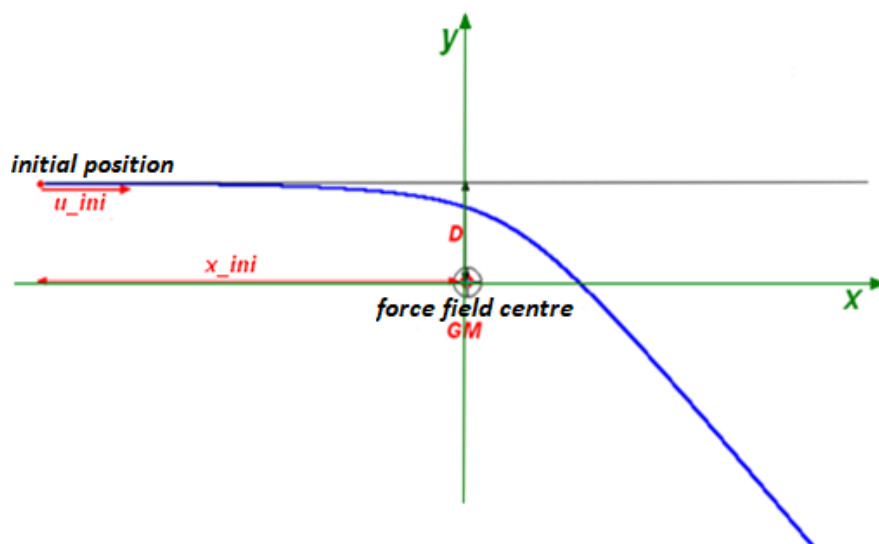


Figure 5. The coordinate system and parameters used in the simulation

By placing the origin of the (Cartesian) coordinate system in the centre of the force field, **four parameters determine the motion**:

- parameter GM determining the strength of the force field (which in the case of gravitational force field is $GM = G \cdot M$),
- and the initial conditions, that is, the initial position ($x_0 = x_ini$; $y_0 = D$) given by parameters x_ini and D , and the initial velocity vector ($v_{x0} = u_0 = u_ini$; $v_{y0} = v_0 = 0$) – that is, parallel to the x axis – given by parameter u_ini (the general nature of the motion is not limited by taking the initial velocity to be parallel to the x -axis).

We defined a graphical window and a text data display window as output. In the graphical window, the trajectory is drawn in the x - y plane. In the text window, the directional angle of the instantaneous velocity (the angle enclosed by the velocity vector and the x -axis) and the magnitude of the area swept out by the position vector pointing from the origin to the current position per unit time are displayed (see Appendix F.1).

Exercise 1.

Perform *computer-aided experimental physics*: by changing the value of the above four parameters try to find a hyperbolic trajectory (“comet”) and an elliptical trajectory (“planet”). (If required, change the settings of the graphical display window in the dialog window in menu item *Graphics format...* in the *Output* menu as described in the guide.)

What do you experience if you choose a negative value for the GM parameter, so you have a “repulsive” central force field?

Exercise 2.

If you could find a hyperbolic trajectory, then you can see in the text window that the bearing angle starts at 0 radians, which corresponds to the initial velocity in the x direction chosen by

us (this is actually the starting asymptote of the hyperbolic trajectory), and after a sufficiently long time the bearing angle converges to a non-zero value (this is the direction of the other asymptote of the hyperbolic trajectory). This bearing angle is equal to the angle of deflection δ determined in the theoretical description.

Experiment with the simulation to determine how the angle of deflection δ depends on the parameters. Always change only one of parameters GM , D and u_{ini} systematically (the x_{ini} parameter is not relevant, but it should be chosen large enough to have the starting point on the input asymptote) to show that the angle of deflection δ is directly proportional to GM , inversely proportional to D and the square of u_{ini} , so prove formula (2.7) experimentally. (Of course, the classical physical approach is valid, since in the simulation the equations of motion (F.2.3) based on Newton's 2nd axiom are used.)

Exercise 3.

In Exercise 1 you found that in the case of the (attractive) central force field, elliptical trajectories can appear at appropriate parameter values. By placing the Sun in the centre of the force field, you can essentially simulate the motion of the planets! 400 years ago, Johannes Kepler studied the motion of the planets of the Solar System with the help of a fantastic new invention, the telescope, and with tremendous work, systematic and accurate data collection, he condensed his observations into three wonderful laws:

- I.** The orbit of a planet is an ellipse with the Sun at one of the foci.
- II.** The line segment joining a planet and the Sun sweeps out equal areas in equal time intervals.
- III.** The square of a planet's orbital period (T) is proportional to the cube of the semi-major axis (a) of the elliptical orbit, that is:

$$\frac{a^3}{T^2} = constant \quad (\text{More accurately: } \frac{a^3}{T^2} = \frac{G \cdot M}{(2\pi)^2})$$

(The parameters are defined by formulas (2.4))

Kepler's laws are also discussed theoretically in Chapter 2 and in the Appendix, now study the motions formed in closed orbits by computer simulation, so prove Kepler's laws given above experimentally.

Exercise 4.

In this exercise study the numerical simulation of motions created in the $\alpha = \frac{-Q \cdot q}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon_0 \cdot \epsilon_r}$ Coulomb's electrostatic force field by running problem file [Rutherford_sim.ds](#) located in our

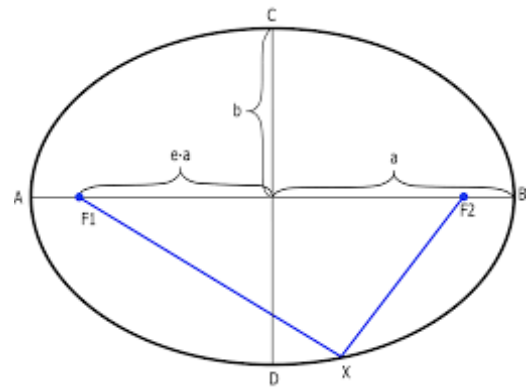


Figure 6. Parameters of the ellipse of a planetary motion

downloadable folder *DS_simulations* [3]. The coordinate system and the parameters used are the same as in simulation *grav_sim.ds*, the only differences are that this time the strength of the centre is given by parameter α instead of GM and that we do not start a single point of mass from a single initial position with distance x_{ini} but a beam of 200 particles spread out uniformly in the y -interval between $-D$ and $+D$ similarly to Rutherford's scattering experiment.

Change the parameters and observe the nature of the particle scattering.

Appendix

F.1. Angular momentum in the central force field

The *vector product (cross product)* of vectors $\vec{r}(x, y, z)$ and $\vec{v}(v_x, v_y, v_z)$ given with Cartesian base vectors (right-twist orthogonal unit vectors) $(\vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$ in three dimensions is defined as

$$\vec{r} \times \vec{v} = \begin{pmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ x & y & z \\ v_x & v_y & v_z \end{pmatrix} = \vec{i}(y \cdot v_z - z \cdot v_y) + \vec{j}(z \cdot v_x - x \cdot v_z) + \vec{k}(x \cdot v_y - y \cdot v_x) \quad (\text{F.1.1})$$

The geometric interpretation of the vector product: the area of the parallelogram defined by the two vectors is equal to the magnitude of their vector product (Figure 7), so $T = |\vec{r} \times \vec{v}| = |\vec{r}| \cdot |\vec{v}| \cdot \sin \varphi$. It follows from the definition, but clearly from the latter interpretation, that the vector product of parallel vectors ($\sin \varphi = 0$) is zero.

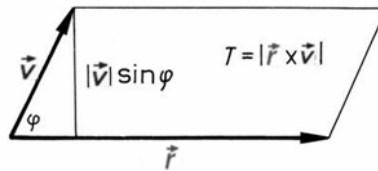


Figure 7. The geometric interpretation of the vector product

Vector product has several important uses, a physical application is discussed below. In classical physics, *angular momentum (rotational momentum)* is a vector quantity characterising the state of rotation of a body. The angular momentum of a point mass with mass m , instantaneous velocity \vec{v} for a given point is

$$\vec{J} = m \cdot \vec{r} \times \vec{v}. \quad (\text{F.1.2.})$$

Let us investigate the temporal change of the angular momentum, that is, its derivative with respect to time, which according to the differentiation rule of the product function is

$$\frac{d}{dt} \vec{J} = m \cdot \frac{d}{dt} (\vec{r} \times \vec{v}) = m \cdot \left(\frac{d\vec{r}}{dt} \times \vec{v} + \vec{r} \times \frac{d\vec{v}}{dt} \right),$$

as by definition $\frac{d\vec{r}}{dt} = \vec{v}$, $\frac{d\vec{v}}{dt} = \vec{a}$:

$$\frac{d}{dt} \vec{J} = m \cdot \frac{d}{dt} (\vec{r} \times \vec{v}) = m \cdot (\vec{v} \times \vec{v} + \vec{r} \times \vec{a}).$$

As the vector product of parallel vectors is zero, the first term in the parenthesis above is zero, since \vec{v} is obviously parallel to itself, and in a central force field force is parallel to the position vector \vec{r} (see (2.1.b)), so the instantaneous acceleration \vec{a} of the body with mass m is also parallel to position vector \vec{r} , so:

$$\frac{d}{dt} \vec{J} = 0, \text{ that is, } \vec{J} = \text{constant} .$$

Thus, we have obtained that *the angular momentum of a point mass moving in a central force field is constant!*

Now, let us consider the area swept out by a point mass moving in a central force field per unit time, \dot{T} (e.g., a planet orbiting the Sun) (see Figure 8). If one of the vectors – in the angular momentum velocity \vec{v} – stands for the displacement in a unit time, then vector product $\vec{r} \times \vec{v}$ gives the area in a unit time, so the magnitude of the area “swept” by the position vector \vec{r} in a unit time is given by the area of the triangle determined by the two vectors (see the figure), which is half of the area of the parallelogram determined by the two vectors, so $\dot{T} = \frac{1}{2} \vec{r} \times \vec{v}$ and its unit is m^2/s .

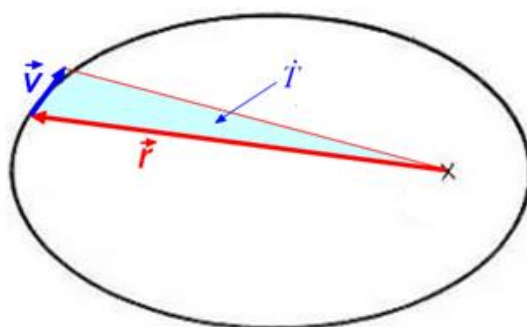


Figure 8. The area swept out by the position vector of a point mass moving in a central force field per unit time
Based on the above formulas, the swept area can be written using the angular momentum:

$$\dot{T} = \frac{1}{2} \vec{r} \times \vec{v} = \frac{1}{2m} \vec{J} .$$

As we have shown that in a central force field angular momentum is constant, we have come to the conclusion that *the area swept out by a point of mass moving in the central force field per unit time, \dot{T} is constant.* (This is **Kepler’s 2nd law**: The line segment joining a planet and the Sun sweeps out equal areas in equal time intervals.)

If the plane of the orbit is in the x-y plane of the coordinate system ($z = 0$), then $\vec{r}(x, y, 0)$ and $\vec{v}(v_x, v_y, 0)$, so their vector product is

$$\vec{r} \times \vec{v} = \begin{pmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ x & y & 0 \\ v_x & v_y & 0 \end{pmatrix} = \vec{i}(y \cdot 0 - 0 \cdot v_y) + \vec{j}(0 \cdot v_x - x \cdot 0) + \vec{k}(x \cdot v_y - y \cdot v_x) = \vec{k}(x \cdot v_y - y \cdot v_x),$$

so the magnitude of the area swept out per unit time is

$$\dot{T} = \frac{1}{2} |v_x \cdot y - v_y \cdot x|. \quad (\text{F.2.3.})$$

F.2. Motion of a point of mass in a central force field with potential 1/r

Let us consider a body with mass m moving in the central force field of a large body with mass M ($M \gg m$), which is characterised by potential

$$V(r) = -\frac{\alpha}{r} \quad (\text{F.2.1.})$$

(if $\alpha > 0$, the field is attractive, if $\alpha < 0$, the field is repulsive).

Then the force is

$$\vec{F} = -\frac{dV}{dr} \frac{\vec{r}}{r} = -\frac{\alpha}{r^2} \frac{\vec{r}}{r}, \quad (\text{F.2.2.})$$

Thus, according to Newton's 2nd axiom the equation of motion of a body with mass m is

$$\vec{F} = -\frac{\alpha}{r^2} \frac{\vec{r}}{r} = m \cdot \vec{a},$$

from which the acceleration vector in the x-y plane of the trajectory is

$$\vec{a} \left(a_x = -\frac{\alpha x}{mr^3}; a_y = -\frac{\alpha y}{mr^3} \right), \text{ where } r = \sqrt{x^2 + y^2} \quad (\text{F.2.3.})$$

A detailed discussion can be found in Sections 14. and 15. of [4], here only the essential steps are reviewed.

It is useful to introduce the so-called *effective potential*

$$V_{\text{eff}}(r) = -\frac{\alpha}{r} + \frac{J^2}{2mr^2} \quad (\text{F.2.4.})$$

(see Figure 9.), where J is the angular momentum discussed in the previous section.

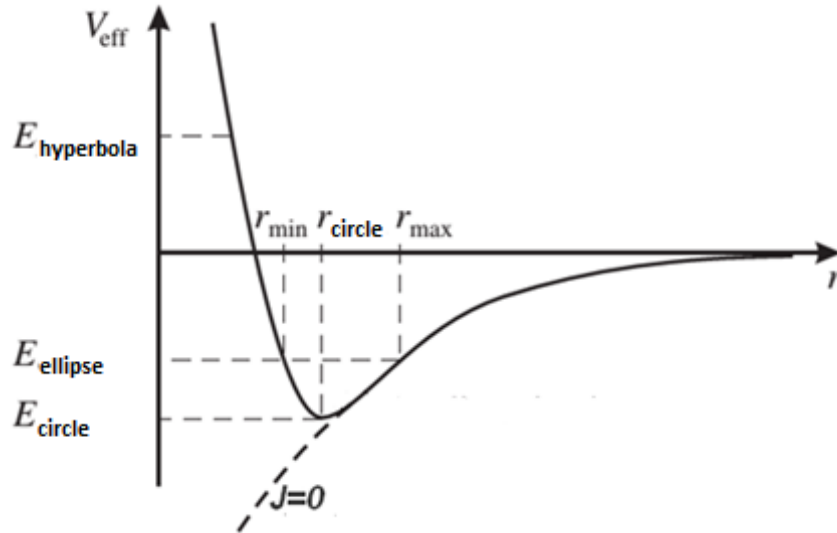


Figure 9. The effective potential as a function of distance

Switching from the x - y Cartesian coordinate system to the r - φ polar coordinate system and performing the elementary integral in the equation of motion, we get that:

$$r(\varphi) = \frac{p}{1 + e \cdot \cos \varphi}, \quad (\text{F.2.5.a})$$

where

$$p = \frac{J^2}{m\alpha} \quad \text{and} \quad e = \sqrt{1 + \frac{2EJ^2}{m\alpha^2}}. \quad (\text{F.2.5.b})$$

(F.2.5.a) is the equation of a *conic section* whose *focus* is at the origin, p is the *parameter* of the trajectory and e is its *eccentricity*.

It depends on the total mechanical energy $E = V_{\text{eff}}(r) + \frac{1}{2}mv^2$ of the moving body with mass m whether the orbit is closed (finite) or open (infinite) (see the figure above). As the kinetic energy, $\frac{1}{2}mv^2$ is trivially non-negative, motion can occur only in the range r where $E \geq V_{\text{eff}}(r)$ is true.

First consider the case when $E < 0$,

- then the body moves in a (closed) elliptical orbit (**Kepler's 1st law**),
- the major and minor axes of the ellipse are: $a = \frac{p}{1 - e^2} = \frac{\alpha}{2|E|}$, $b = a \cdot \sqrt{1 - e^2}$,

(F.2.6.a),

- the orbital period is $T = \pi\alpha \sqrt{\frac{m}{2|E|^3}}$ (F.2.6.b).

- based on (F.2.6.a) and (F.2.6.b) $\frac{a^3}{T^2} = \frac{\alpha}{(2\pi)^2 m} = \text{constant}$ (**Kepler's 3rd law**) (F.2.6.c)
- (in the case $e = 0$, that is, energy $E = E_{\text{circle}} = -\frac{m\alpha^2}{2J^2}$, $a = b = p$, so the orbit is a circle).
- (Reminder: **Kepler's 2nd law** was derived in Appendix F.1.)

In the case of $E > 0$ the body moves on an infinite (open) hyperbolic path (in the case of $E = 0$ the orbit is a parabola).

Let us investigate the case $E > 0$ in more detail, when a body of mass m with velocity v_0 (this is the "initial" velocity when it is still very far from the centre of force) would move along a straight line at distance D from an object of mass M ($M \gg m$) (if it was not affected by gravitation). In the gravitational force field of mass M , the body moves in a hyperbolic trajectory and deflects through angle δ . The hyperbola has two non-intersecting and non-touching arms, the trajectory of the body is the hyperbola arm closer to the centre of attraction. As the distance from the axis of symmetry increases beyond all limits, the two ends of the hyperbola arms approach two lines called asymptotes, the deflection δ is the angle enclosed by the two asymptotes. Let us determine angle δ .

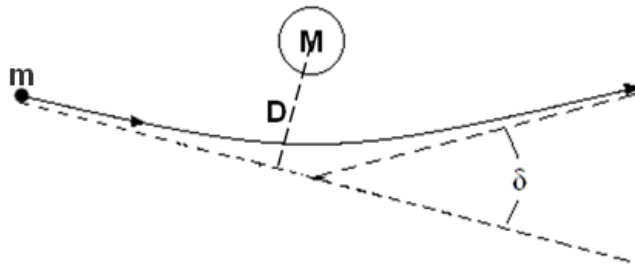


Figure 10. Deflection of a body moving in a hyperbolic trajectory in an attractive central force field of nature $1/r$

Let us consider the factors affecting the deflection, first simply on the basis of units of measurement (dimensional considerations), then based on classical physical description, and finally based on the theory of relativity.

a. Dimensional consideration:

Let us take into account the physical factors that could affect deflection δ :

- mass M of the object being the source of the central force field (its SI unit is kg),
- the (Cavendish) gravitational constant G (its SI unit is $\frac{m^3}{kg \cdot s^2}$),
- velocity v_0 (its SI unit is $\frac{m}{s}$),
- distance D (its SI unit is m).

Let us mix the units of the above four quantities to obtain a dimensionless (radian) δ plane angle unit; we conclude very quickly that

$$\delta \propto \frac{G \cdot M}{D \cdot v_0^2} \quad (\text{F.2.7.})$$

Of course, the reciprocal of the above expression would also be suitable dimensionally, but it would contradict basic physical requirements, e.g. that the deflection should be proportional to the strength of the centre (the product of mass M and the gravitational constant G) and inversely proportional to the distance D and the initial velocity v_0 , which corresponds to our image of the process.

b. Classical physics:

Using classical physical calculation, for a point mass with mass m moving in a central force field with potential (2.2.a) ($\alpha > 0$ attractive, $\alpha < 0$ repulsive nature) at velocity v_0 (at a great distance from the centre) and distance D from the centre, (through derivation not detailed here, see e.g. [4] I. Sections 14, 15, 18 and 19, based on formula (19,1)) we get that the deflection δ is

$$\text{ctg} \frac{\delta}{2} = \frac{m \cdot v_0^2}{\left(\frac{\alpha}{D}\right)}$$

The approximation polynomial of the cotangent function (Taylor series to first order) is

$$\text{ctg} x \cong \frac{1}{x} - \dots, \text{ so}$$

$$\text{ctg} \frac{\delta}{2} \cong \frac{1}{\frac{\delta}{2}} = \frac{2}{\delta} = \frac{m \cdot v_0^2}{\left(\frac{\alpha}{D}\right)}$$

Reorganising and using that fact that for gravitational potential $\alpha = G \cdot m \cdot M$ we obtain that

$$\delta = 2 \frac{G \cdot M}{D \cdot v_0^2} \quad (\text{F.2.8.})$$

So according to classical (Newtonian) physics, the angular deflection is really proportional to the expression obtained through dimensional analysis, exactly twice that!

b. Theory of relativity:

Special relativity is based on two postulates. One is the principle of relativity, which states that natural processes happen in the same way when observed from any inertial reference frame and the form of the laws describing them is the same in any two inertial reference frames. The other postulate makes the surprising statement that the speed of light in vacuum is the same for any observer, $c_0 = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$. The value of a given physical quantity measured in one or another reference frame may be different, but these can be determined from each other clearly using the so-called *Lorentz transformation*, which characterises the relative motion of the reference

frames, there is no separate absolute space and time, Lorentz transformation is essentially a geometric transformation in the 4-dimensional space-time.

The general theory of relativity merges special relativity with Newton's universal law of gravitation, describing gravitation as a geometric property of space-time. The general theory of relativity is based on the *principle of equivalence*, which states that a local gravitational effect corresponds to the effect of an acceleration observed in a gravitation-free spatial reference frame accelerating in space, and (also locally) the two cannot be distinguished. This is not a priori truth, but a statement based on empirical observations (e.g., Eötvös pendulum) to verify the equivalence of inertial and gravitational mass.

Based on calculations not detailed here (see e.g. [5] [6]) we obtain that in a local (non-inertial) reference frame at distance r from a body with mass M , the speed of light is

$$c(r) = c_0 \sqrt{\frac{1 - \frac{2GM}{c_0^2 r}}{1 + \frac{2GM}{c_0^2 r}}}. \quad (\text{F.2.9.})$$

From here, we can move on with completely classical physical considerations. Let us use the (absolute) refractive index $n = \frac{c_0}{c}$ known from optics in a medium where the speed of propagation of light is c ($c \leq c_0$), which now, based on (F.2.9.) is:

$$n(r) = \frac{c_0}{c(r)} = \sqrt{\frac{1 + \frac{2GM}{c_0^2 r}}{1 - \frac{2GM}{c_0^2 r}}} \cong 1 + \frac{2GM}{c_0^2 r} = 1 + \frac{b}{r}, \text{ where } b = \frac{2GM}{c_0^2}, \quad (\text{F.2.10.})$$

where the first order of the Taylor series is used for approximation. (F.2.10.) essentially means a beam of light travelling in an inhomogeneous optical medium. Such problem is widely discussed in classical optics [7] (e.g. in the case of the mirage phenomenon), the resulting angular deflection is

$$\delta = \frac{2b}{D},$$

which in this case, using (F.2.10.) is

$$\delta = 4 \frac{G \cdot M}{D \cdot v_0^2} \quad (\text{F.2.11.}).$$

It is not the same as formula (F.2.8.), which was derived using purely classical physics: *the relativistic result is exactly twice the angular deflection obtained from classical physics.*

F.3. Help for the exercises set

If you feel that you do not succeed in solving the exercises set on your own, some help is provided below.

Exercise 1.

A hyperbolic trajectory (“deflection”, “comet”) appears for example with parameter values $GM = 20$, $u_{ini} = 4$, $x_{ini} = -20$, $D = 3$.

An elliptical trajectory (“planet”) appears for example with the parameter values below (trajectories are shown in Figure 11.):

- $GM = 20$, $u_{ini} = 2$, $x_{ini} = -5$, $D = 3$ (blue, elongated),
- $GM = 20$, $u_{ini} = 3$, $x_{ini} = -1$, $D = 3$ (black, less elongated),
- $GM = 20$, $u_{ini} = 2$, $x_{ini} = -2$, $D = 6$ (green, almost circular),
- $GM = 20$, $u_{ini} = 2$, $x_{ini} = 0$, $D = 5$ (red, circular),

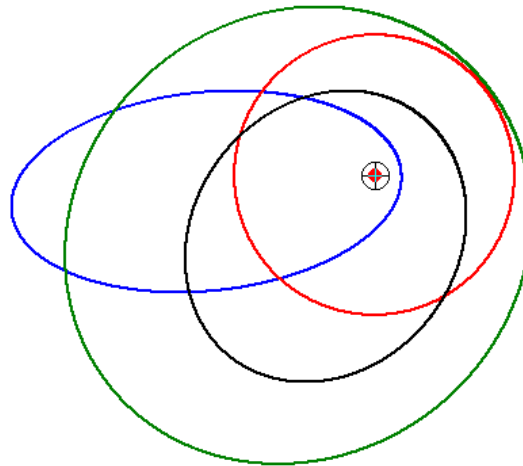


Figure 11. Elliptical trajectories in the DS simulation

If you choose a negative value for the GM parameter, so you have a “repulsive” central force field, then it is clear that only hyperbolic trajectories can appear.

Exercise 2.

Changing only one of parameters GM , D and u_{ini} systematically, we record the change in the angle of deflection δ . (parameter x_{ini} is irrelevant, for example we can set the value $x_{ini} = -20$).

(a) investigating the dependence on mass: ($GM=...$, $u_{ini} = 4$, $D = 3$)

GM	angle δ [rad]
1	0.0416
2	0.0833
3	0.1253
4	0.1674

5 0.2097

From the above data it can be concluded that the angle of deflection δ is directly proportional to parameter GM .

(b) investigating the dependence on distance: ($GM = 2$, $u_{ini} = 4$, $D = \dots$)

D	angle δ [rad]
1	0.250104
2	0.125307
3	0.0833402
4	0.0622552

From the above data it can be concluded that the angle of deflection δ is inversely proportional to parameter D .

(c) investigating the dependence on initial velocity: ($GM=1$, $u_{ini}=\dots$, $D=3$)

u_{ini}	angle δ [rad]
1	0.671469
2	0.167432
3	0.0740379
4	0.0415587

From the above data it can be concluded that the angle of deflection δ is inversely proportional to the square of parameter u_{ini} .

Combining the above three findings into a single relationship we obtain that

$$\delta \propto \frac{GM}{D \cdot u_{ini}^2} ,$$

more precisely, we obtain

$$\delta = 2 \frac{GM}{D \cdot u_{ini}^2}$$

which is identical to formula (2.7) obtained through classical physical derivation, so we have verified it experimentally, “empirically”.

Exercise 3.

The truth of the 1st law can be verified easily visually by running the simulation, since elliptical trajectories appear. *A handy feature of DS is that the coordinates of the current position of the*

crosshair moved with the mouse in the graphics window can be seen in the status bar at the bottom of the screen. One of the focal points of the ellipse is the origin, as we put the centre of the force field there.

How could we find the other focal point of the ellipse?

Once the two focal points are found, we can use the definition of the ellipse to verify the elliptic character, according to which the ellipse is the locus of points in plane whose sum of distances from the two focal points is constant.

We got the possibility of verifying the 2nd law at the end of the interpretation of the vector product described above, according to which it is the size of the area swept out per unit time,

$\dot{T} = \frac{1}{2} |u \cdot y - v \cdot x|$, whose value is calculated and printed out in the text data window in each time step. During the run, we can see that the written value is constant in time, so we have verified the law “experimentally”.

In order to verify the 3rd law, run the simulation for a force field with a set GM parameter with different x_{ini} , D and v_{ini} initial conditions, that is, draw elliptical trajectories in the given force field (the orbits of different “planets” for a given “Sun”). For each setting, try to determine the length of the semimajor axis a of the resulting ellipse and the orbital period T empirically.

To estimate the value of a , use the crosshair coordinate display by reading the coordinates of the two furthest points of the ellipse, calculate their distance using Pythagoras' theorem, and the value of a is half of that distance.

To estimate the orbital period T , use the *First value* and *Last value* settings in the *Range...* submenu dialog of the *Edit* menu, e.g. set an arbitrary value for *First value*, then change the value of *Last value* until the drawn trajectory closes (Fig. 12), then the difference between the first value and the last value is the orbital period.

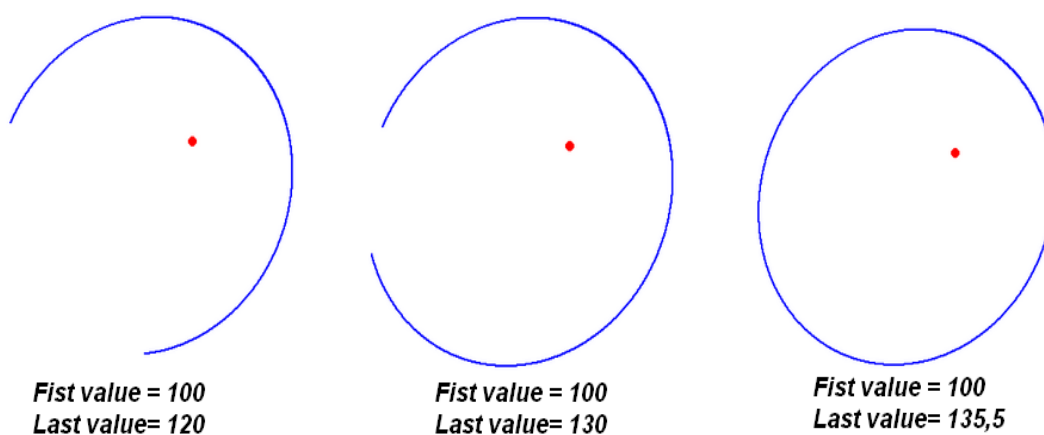


Figure 12. Determining the orbital period T “experimentally” in the simulation ($T = 35.5$)

Based on the “measured” a and T values it is clearly seen that $\frac{a^3}{T^2} = \text{constant}$, more precisely

$$\text{that } \frac{a^3}{T^2} = \frac{G \cdot M}{(2\pi)^2} = \frac{GM}{(2\pi)^2} \text{ is true.}$$

Thus, we have verified Kepler’s laws “experimentally”, empirically.

Exercise 4.

The typical graphical display of the simulations obtained by running the *Rutherford_sim.ds* problem file is shown in the figure below.

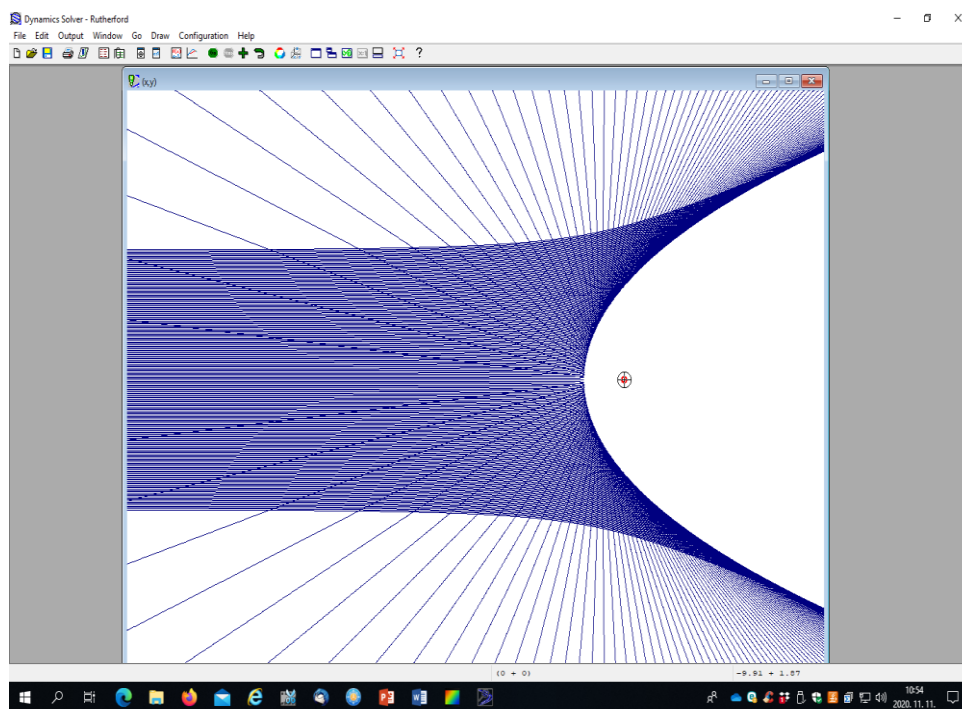


Figure 13. Scattering pattern obtained through DS simulation

The scattering pattern obtained corresponds to the pictures given in literature. By changing the parameters, the angular distribution changes visibly, that is, the properties of the scattering centre can be deduced from the exact image, which is the essential (Nobel Prize winning) result of Rutherford's measurement.

Bibliography

- [1] <http://tp.lc.ehu.es/jma/ds/ds.html> (© J. M. Aguirregabiria, Universidad del País Vasco, Leioa, Vizcaya, Spain)
- [2] http://csodafizika.hu/DS_brief_tutorial.pdf
- [3] http://csodafizika.hu/DS_simulations.zip
- [4] L. D. Landau, E. M. Lifsic: Elméleti fizika I. – Mechanika, Tankönyvkiadó Vállalat, 1988.

[5] <http://redshift.vif.com/JournalFiles/V15NO3PDF/V15N3BU2.pdf>

[6] D. Edwards: Gravitational Bending of Light
(home.fnal.gov/~syphers/Education/Notes/lightbend.pdf)

[7] http://cserti.web.elte.hu/okt/O_SpR-6_Eikonal17.pdf

E. IMRE: Macro test for the testing of bonds

(Some special features of the multistage oedometric relaxation test in case of a servo control system)

Óbuda University, Kandó Kálmán Faculty of Electrical Engineering, Budapest, Hungary

Abstract. Some measured multistage oedometric relaxation test data of soils are discussed. This test reflect the energy storage capacity of the soil determined by the contact bonding behaviour of the particles. The results indicate that this test can be a candidate test for a mean particle contact bond qualification (reflecting the energy storage capacity of the bonds as an average) and for the determination of the tensile strength of (quasi-)saturated soils.

INTRODUCTION

In the multistage oedometric relaxation test (MRT) the pore water pressure and the total stress are measured under constant displacement load. In its dual counterpart, the conventional multistage oedometric compression test (MCT), the pore water pressure and the displacement are measured under constant total stress load.

A model-pair consisting of a linear, coupled, consolidation part-model and an empirical relaxation/creep part-model was validated on identical sample-pairs tested by a short multistage relaxation test procedure and a conventional multistage compression test procedure (Imre, 1998; Imre et al., 2010, Imre et al., 2001), using identical samples.

The aim of the paper is to discuss the compression curve results. As a by-product of this study, through the analysis of the coupled consolidation model and the measured data, the possibility for some special uses of the MRT emerge which are also presented in this paper.

LABORATORY TESTS

In the short MRT procedure the load increment was uniform, 0.1 mm and the stages were 10 - 20 minutes long except the last one being longer than the t_{99} dissipation time. The strain rate of the loading was varying between 0.002 and 0.08 %/s being too fast (Leroueil et al., 1985). Some features are shown in the Appendix.

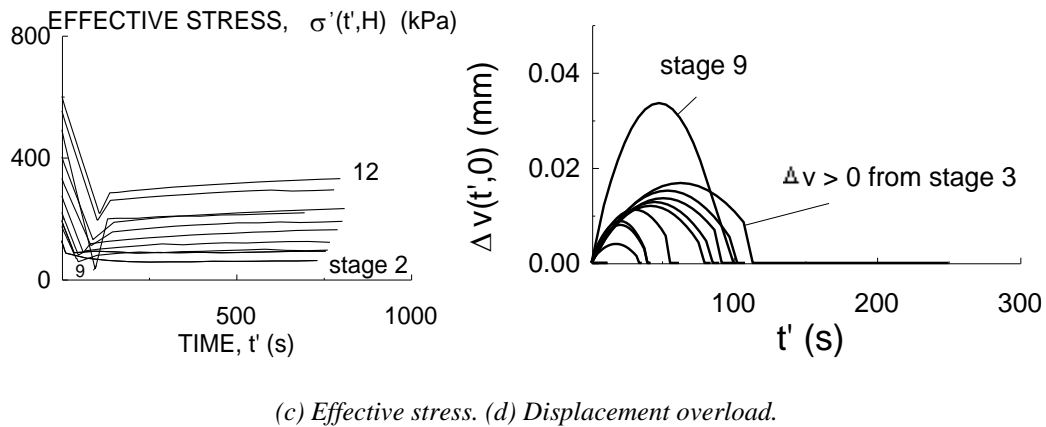
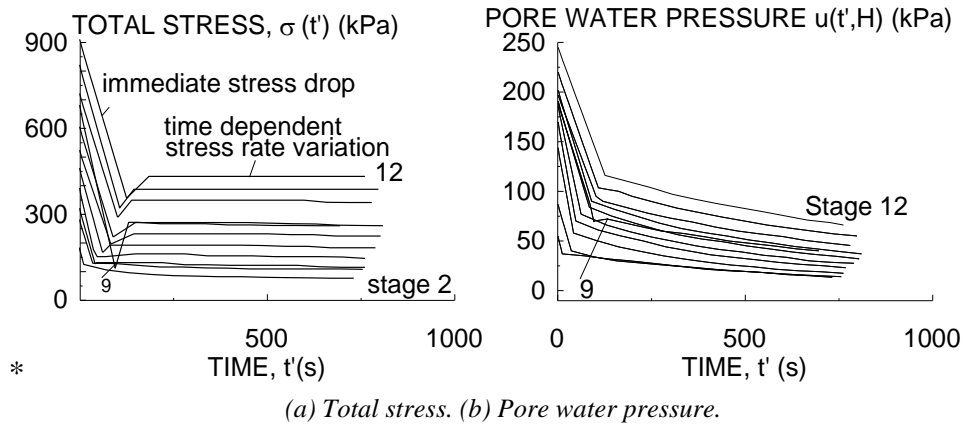


Fig. 1. MRT, a typical data record, measured on soil 4. (Note the large, spontaneous partial unloading at the end of the load imposition of stage 9, probably due to the rearrangement of the grain structure).

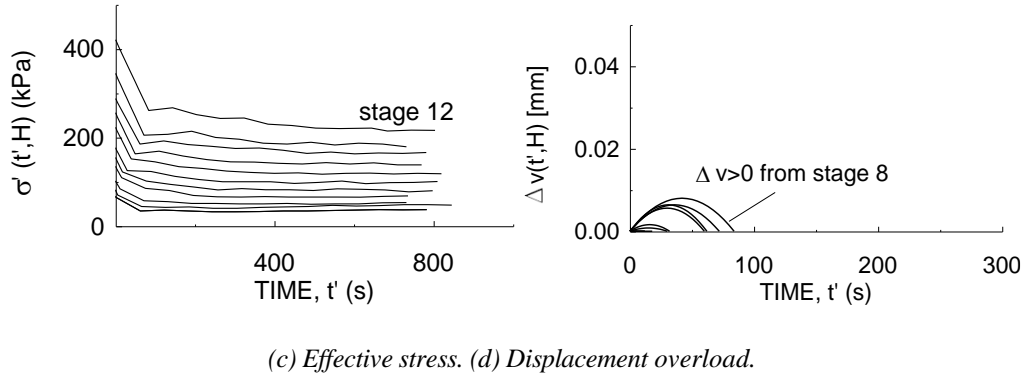
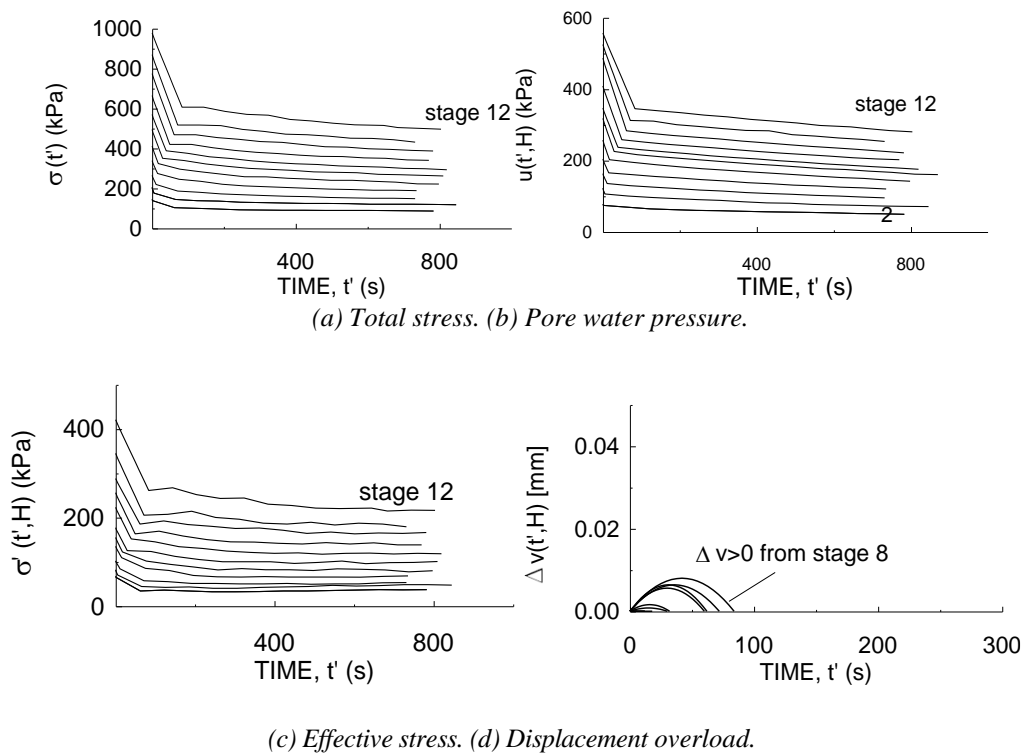


Fig. 2. MRT, a typical data record, measured on soil 5.

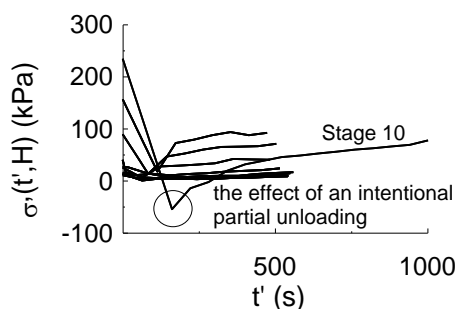


Fig. 3. MRT, detail of data record, effective stress – time, soil 5. (Note that at stage 10 a large partial unloading was intentionally caused inducing negative effective stress).

Table 1. Basic properties of the tested plastic soils (*saline)

Soil	1*	2	3	4	5	6
Borehole#/depth[m]	24/14	52/14	1/14	52/17	13/14	ii
I_p [%]	10	16	17	22.8	31.7	41
w_L [%]	32.4	37.2	41.7	57.9	56.1	72
OCR	~1, NC	~1, NC	~1, NC	~1, NC	~1, NC	~NC
threshold load v_t	0.2	1.2	1.0	0.7	0.7	NO

A Geonor type swelling pressure apparatus h-200A was used (see eg., di Maio 2001). The microprocessor kept the displacement in the tolerance range through load reversal, resulting in quasi periodic side shear force variation in the sample with a saw-tooth-like the total stress response.

More than 30 quasi-saturated, natural soil sample-pairs were tested with the standard MCT (the stage loads are doubled) and short MRT procedures, only a few representative results are shown here in Tables 1, 2 and Figures 1 to 3.

A typical stage record for the total stress in the NC range showed a short pause before the total stress started to drop in accordance with the earlier experiences (see e.g. Mitchell, 1976), then the total stress drop consisted of two parts, an immediate, fast, constant stress rate stress drop (indicating the limitations of the control system) and a subsequent, slower, time dependent stress rate stress drop.

During the immediate stress drop, after a given threshold stage load v_t depending on the sample, a slight partial unloading in terms of the displacement occurred. The size of the displacement overload monotonically increased with the stage load except for some stages

where it was too large (see e.g. sample 2), which occurred in the case of some intact clays with I_p between 20% and 25%.

It can be noted that during the immediate relaxation – due to the regulation of the displacement – the oedometer side shear force changes in terms of sign three times (i.e., reaching the stage load, the maximum overload and the stage load again the end of the stress drop) which may have a dynamic effect and can be important for frictionally bonded soils.

Some additional tests were made to test the soil response upon intentional partial unloading. An intentional, large partial unloading was caused in the case of the last stage for the intact clay sample 4 entailing temporarily negative effective stresses at the sample bottom. For the saturated sand sample intentional, large partial unloadings and very short stages were applied to test how the partial unloading and the dynamic effect of the side force variation may influence the compression curve. .

EVALUATION

Consolidation model

The consolidation model has some special features, which can be summarized as follows (Imre et al., 2010). Being the volume constant during a stage, the mean effective stress (σ'_{mean}) is equal to the final total stress (σ_∞). It follows that the realization of the MRT compression curve point is 'instantaneous' at the end of the loading period.

The constant volume condition is realized in such a way that the transient component of the total stress is equal to the mean water pressure:

$$\sigma^t(t) = u_{mean}(t) \quad (1)$$

and the transient part of the effective stress:

$$\sigma^e(t) = u_{mean}(t) - u(t, y) \quad (2)$$

is partly positive and decreases with time to zero (i.e. at the sample top, in the vicinity of $y=0$) and partly negative and increases with time to zero (i.e. at the bottom of the single-drained sample which is the impermeable boundary). Assuming that u is maximal at the sample bottom ($y=H$), the effective stress has its minimum there throughout the test (Fig. 4).

Following from the constant volume condition, the uniform pore water pressure distribution is the initial condition of a non-trivial zero solution, an immediate dissipation resulted there. (Because of this, the load imposition during the test cannot be instantaneous like for the MCT).

Being the volume constant during a stage, the loading is drained with respect to the mean effective stress. If there is a slight overload and unload at the end of the loading in terms of displacement then the mean effective stress level moves along the unload-reload line while the pore water pressure- depending on the volume – does not change . Since the mean effective stress drops, the effective stress level at the sample bottom may be very low (even negative).

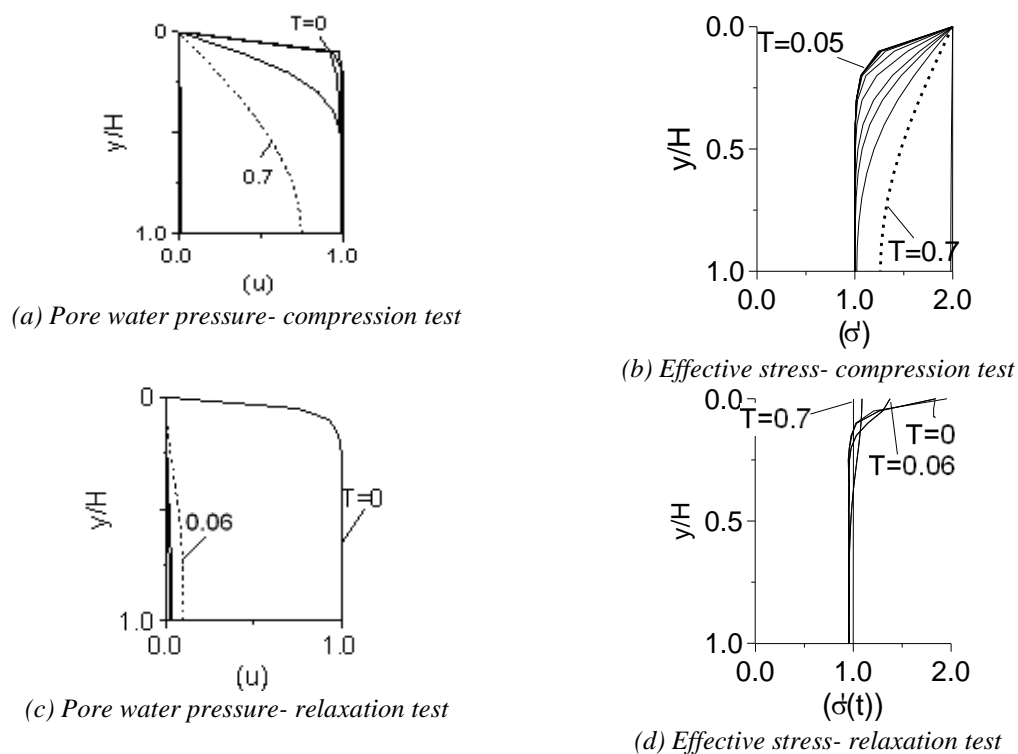


Fig. 4. Comparing the staged tests. (a) to (d) Modelled stage behaviour for the same initial condition.

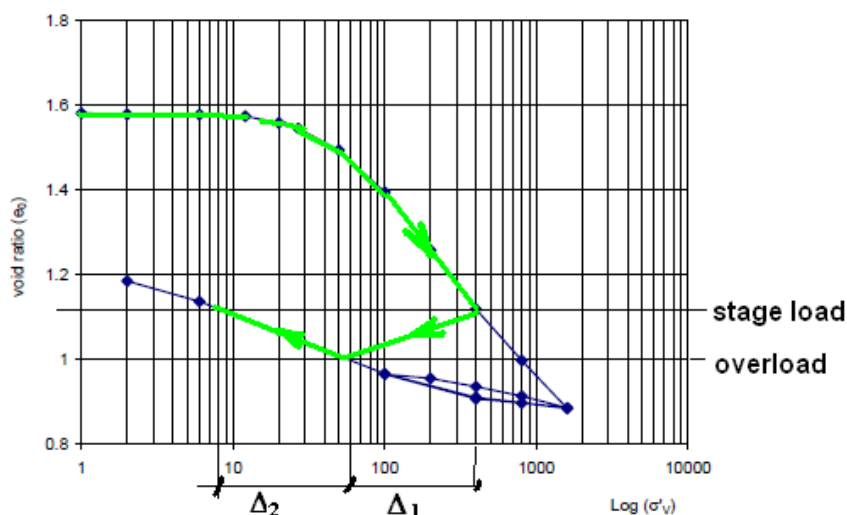


Fig. 5. The tentative explanation in terms of compression curves (blue: a theoretical MCT, green: the actual MRT). The first stress drop (Δ_1) happens due to the difference of the elastic response of the sample and the effective stress at the end of the loading period. Since this stress drop is realized slower than needed due to the limitation of the equipment, an overload happens in terms of the displacement. The second stress drop (i.e. partial unloading, Δ_2) is caused by the of the control system. The compression curve point ends in the OC range.

The identified compression curve

The final total stress (σ_∞) was identified by the consolidation model for each stage. Since the parameter error was extremely small, the MRT compression curve could be compared with the MCT compression curve. The results showed two basic patterns, one for intact (non-fissured) clays with $I_p > 20\%$, one for the remainder soils.

For intact (non-fissured) clays with $I_p > 20\%$, the identified MRT compression curve basically coincided with the usual MCT compression curve, the slight difference can be attributed to the different test duration (Fig. 6). In case of “large” partial unloading (e.g. for samples 2 and 4) the compression curve became non-monotonic due to a local drift.

For clays with plasticity index below $I_p = 20\%$, the MRT compression curve was increasingly drifted away from the usual MCT compression curve, starting generally from the beginning of the test. For the low plasticity silts with $I_p = 10\%$, the drift was so huge that the final total stress became zero. A similar breakdown did not occur for soils with I_p being less than 6% or for saturated, uniformly distributed sands.

DISCUSSION

The immediate stress drop

The immediate stress drop in relaxation tests with quick loading is mentioned with no explanation in several works [see e.g. Whitman (1957, Kondner & Stallknecht (1961); Topolnicki (1987)] and it is encountered if cone penetration stops, also (Imre et al., 2010).

It can be attributed to various reasons. If the initial pore water pressure distribution has a uniform component then it dissipates instantaneously, being the consolidation model solution the zero function. Another reason is the change of the loading rate at the end of the load imposition (such that the time dependent constitutive law may change as well).

The soil response is dependent on the energy storage capacity of the bonds. It should be uniform due to the equilibrium condition of the consolidation model. Since the minimum value of the past preconsolidation pressure of the sample is smaller than the mean effective stress of the sample during loading, a stress drop may occur.

If the control system is not fast enough to realize this stress drop, a temporary overload may occur which is followed by an additional stress drop along a rebound line afterwards (Fig. 5).

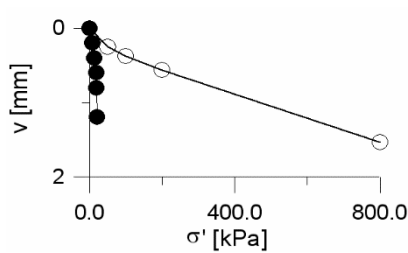
Finally, it can be mentioned that the initial fast stress drop is missing in case when the load is controlled by a rigid spring in series instead of a servosystem, since the dynamic component of the force immediately dissipates in this case by the small displacement of the spring at stress release.

The compression curve – effect of the partial unloading

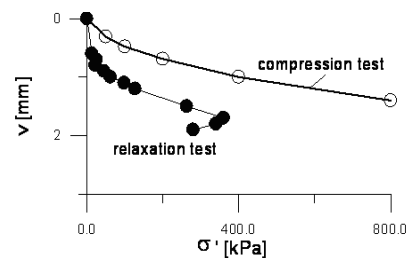
For intact (non-fissured) clays with $I_p > 20\%$, unexpectedly, the MRT compression curve did not drift away from the usual MCT compression curve, only a “large” partial unloading could have had such an effect (see Fig. 6, samples 4 to 6). This can be explained by a recent micromechanical contact force model for cohesive particles (Luding, 2008) indicating that due to a tiny partial unloading the stiffness does not change (i.e., the path is fully reversible), and the stiffness changes only at a non-slight partial unloading.

Moreover, for intact clays with I_p 20% to 25%, the compression curve was not monotonic. This can be explained by the force chain rearrangement (see e.g. the numerical experiments of Bojtár and Bagi, 1993). The conventional MCT compression curve with the usual doubled load increment does skip these changes since the load steps are generally too large.

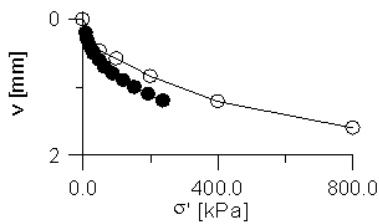
Finally a note can be made. Surprisingly, the evaluation of not only the MRT but also the MCT yielded some micromechanical results as well. The identified initial compression parameter - reflecting the compressibility of the grains and pore fluid – was negligible for silts but was extremely high for clays (Figs 7-8). Further research is suggested on this.



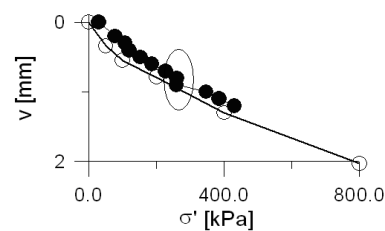
(a) ~NC sample 1 $I_p = 10\%$ ($vt = 0,2$ mm, MRT: full circle, MCT: open circle)



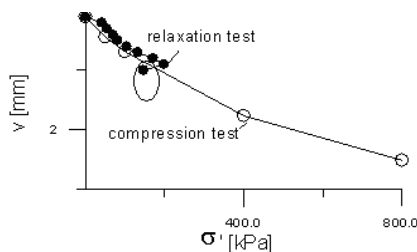
(b) ~NC sample 2 $I_p = 16\%$ ($vt = 0,2$ mm, MRT: full circle, MCT: open circle)



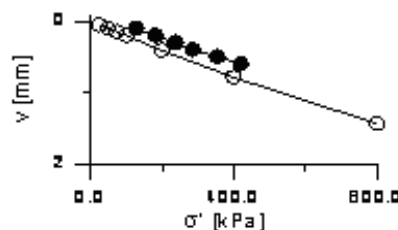
(c) ~NC sample 3 $I_p = 17\%$ ($vt = 1$ mm, MRT: full circle, MCT: open circle)



(d) ~NC sample 4 $I_p = 23\%$ ($vt = 0,7$ mm, MRT: full circle, MCT: open circle, marked spontaneous partial unloading)



(e) OC sample 5 $I_p = 37\%$ ($vt = 0,8$ mm, MRT: full circle, MCT: open circle, marked intentional partial unloading)



(f) ~NC sample 6 $I_p = 41\%$ (monotonic loading for MRT, MRT: full circle, MCT: open circle)

Fig. 6. Compression curves of the samples with increasing plasticity and OCR from (a) to (g) (notation: vt is the measured limit for monotonic loading).

CONCLUSIONS

The research was primarily undertaken for the validation of the joint model-pair of the staged tests and for the validation of a short multistage procedure.

The main results concerning the consolidation modelling of the oedometric relaxation test are as follows.

- (i) In case of the generally assumed uniform initial pore water pressure distribution the dissipation is instantaneous for the relaxation test. Therefore, the load imposition can not be instantaneous and the initial condition has to be identified.

- (ii) During a stage of the relaxation test the upper part of the single-drained sample swells, the lower part of the sample compresses. During compression - instead of increasing - the effective stress may decrease due to relaxation (i.e. due to the time dependent constitutive law).

- (iii) Being the volume constant during a stage, the loading is drained with respect to the mean effective stress. If there is a slight overload and unload at the end of the loading in terms of displacement then the mean effective stress level moves along the unload-reload line while the pore water pressure- depending on the volume – does not change. Since the mean effective stress drops, the effective stress level at the sample bottom may be very low (even negative).

The immediate stress drop

- According to the laboratory test results, a total stress drop occurred at the start of the stages of the MRT, entailing a slight partial unloading when the load was larger than a soil-dependent threshold load at the start of the stages. The slight partial unloading monotonically increased with stage number which can tentatively be explained as follows.
- The MRT, applying constant strain rate during each load increase period, is basically a CRS test. However, the inclusion of the stages - where the response of the sample is measured under constant displacement load, depending on the energy storage capability of the bonds, being limited by the largest preconsolidation stress – may result in a stress drop.
- The stress drop can also be attributed to the change of the loading at the end of the load imposition from a basically dynamic to a basically static, from a “fast” to a

“normal” strain rate range (such that even the time dependent constitutive law may change as well). Moreover, if the initial pore water pressure distribution has a uniform component due to fast loading then it dissipates instantaneously.

The short multistage relaxation tests data were evaluated with the consolidation model, and the so determined compression curve was compared with the conventional compression curve. According to the results, the difference of the MRT and the MCT compression curves after a slight partial unloading depended on soil type and texture as follows.

- The MRT compression curve point is instantaneous in the sense that the mean effective stress (σ'_{mean}) is constant during a stage, being equal to the final total stress (σ_{∞}), which is an upper bound for the compression curve point.
- The stress drop may have caused some slight partial unloading due to the limitation of the testing system. As a result, the compression curve point may have been drifted to the OC range. However, basically no deviation was observed for intact plastic clays ($20\% < I_p$), the compression curve point is not drifted on the OC range after a slight partial unloading. This can tentatively be explained by a recent micromechanical contact force model for cohesive particles in case of small displacements. The large energy storage capacity of the bonds may be responsible, the precise explanation needs some further research.
- For clays with decreasing plasticity ($20\% < I_p$) an increasing deviation between of the MRT and MCT compression curves was found. It was attributed both to the slight partial unloading and to the limited energy storage capacity of the increasingly frictional bonds.
- The saline silts showed a nearly zero MRT compression curve due to the zero storage capacity of the bonds. The reason for it was possibly the presence of no proper bonds.

The results showed that the MRT can be a candidate test for the determination of the tensile strength of saturated, intact clays since negative effective stress can be caused at the sample bottom by a large enough partial unloading in the NC state.

It was found that – conversely - any non-monotonic step in the compression curve of plastic, intact clays may be realized by a large partial unloading as well.

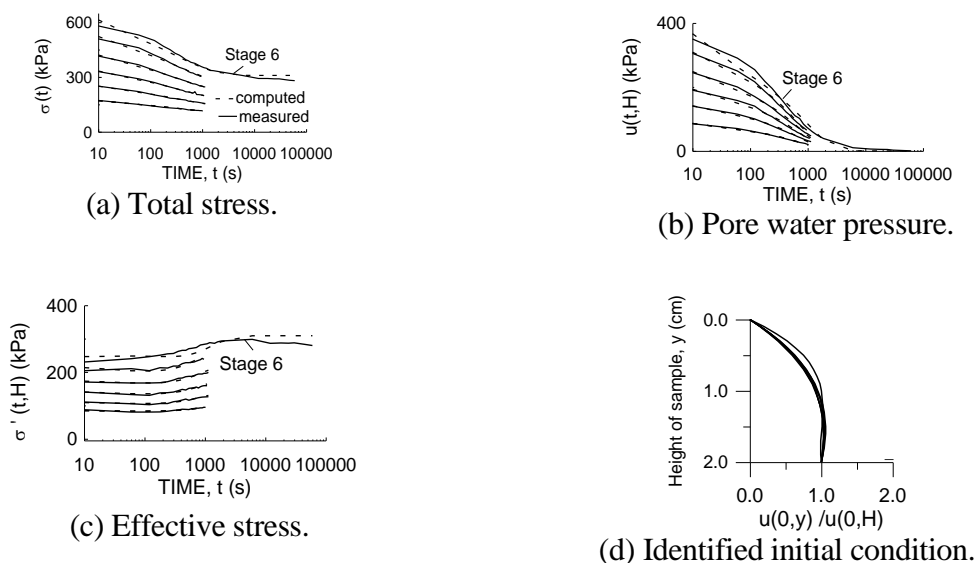


Fig. 7. MRT, simulated and measured stresses, sample 6.

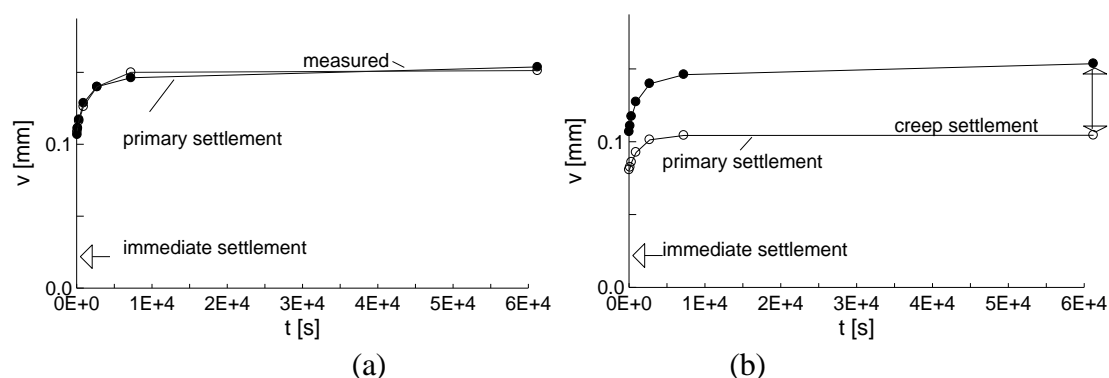


Fig. 8. MCT, simulated and measured stresses for a stage, sample 5. (a) Terzaghi's model completed by immediate settlement, (b) Bjerrum's model completed by immediate settlement.

REFERENCES

- Bojtár I, Bagi K (1993). Numerical-analysis of loose and bonded granular-materials. *Mechanics Of Materials* **16** (1-2) 111-118.
- Di Maio, K. (2001). Swelling pressure of clayey soils: the influence of stress state and pore liquid composition *Italian Geotechnical Journal*, 2001. p 22-34.
- Imre, E. (1998). Evaluation of quick multistage oedometric relaxation tests. *Proc. of the XIth Danube-European Conference on SMGE, Porec*. 695-702.
- Imre, E., Aradai, L., Vértes, K., Menyhárt, P., Telekes, G. (2001): Multistage compression test – in a shorter way. *Proc. of the XV. ICSMGE, Istanbul, 2001, August*. I. 127-13
- Imre, E., Rózsa, P., Bates, L., Fityus, S. (2010) Evaluation of monotonous and non-monotonous dissipation test results. *COGE*. **37**: 885-904.
- Imre, E ; Schanz, T ; Hortobágyi, ZS ; Singh, VP ; Fityus, S Oedometer relaxation test In: MG, Winter; DM, Smith; PJJ, Eldred; DG, Toll (szerk.) *Geotechnical Engineering for Infrastructure and Development : XVI European Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering London, Egyesült Királyság / Anglia : ICE Publishing (2015) 4,800 p. pp. 3347-3352. , 6 p.*
- Leroueil, S.; Kabbaj, M.; Tavenas, F.; Bouchard, R. (1985). Stress-strain rate relations for the compressibility of sensitive natural clays. *Geotechnique*, Vol.35., No.2. pp. 159-175.
- Luding, S. (2008) *Cohesive frictional powders: Contact models for tension* *Granular Matter* **10**(4), 235-246.

Mitchell, J. K. (1976). Fundamentals of Soil Behavior, Wiley, 422.

Kondner, R. L.; Stallknecht, A. R. (1961). Stress Relaxation in Soil Compaction. Proc. of Highway Research Board. Vol.40. pp. 617-630.

Topolnicki, M. (1987): Observed stress-strain behavior of remoulded saturated clay and examination of two constitutive models, Hab. Ins. Soil and Rock Mech., Publ. No. 107, 1987.

Whitman, R. V. (1957). The Behavior of Soils Under Transient Loading. Proc. of the 3rd Inter. Conf. on Soil Mech. and Found. Vol. 1. pp. 207-210.

Appendix : Equipment, phenomena during a stage

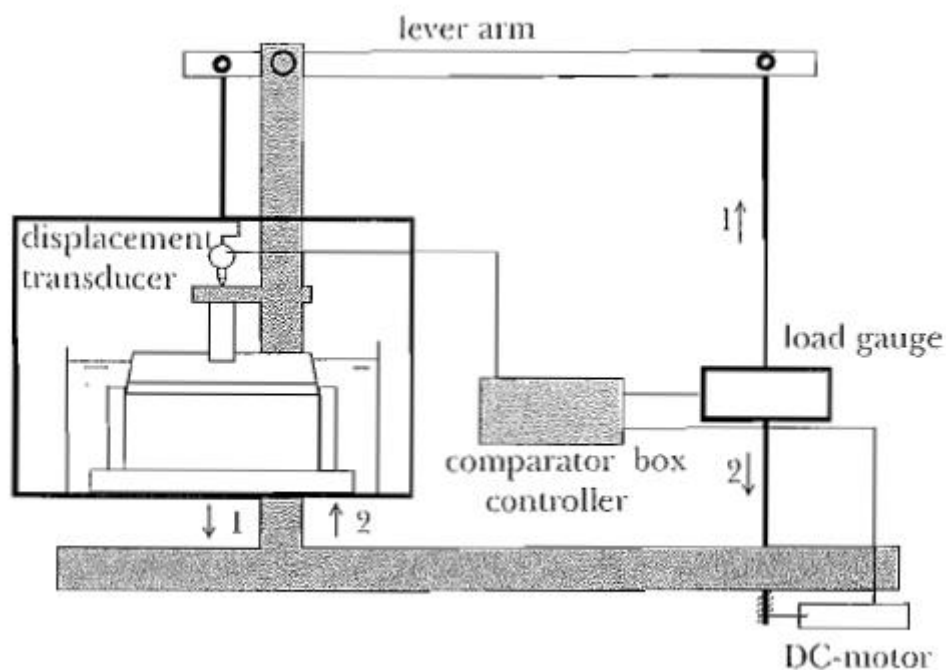
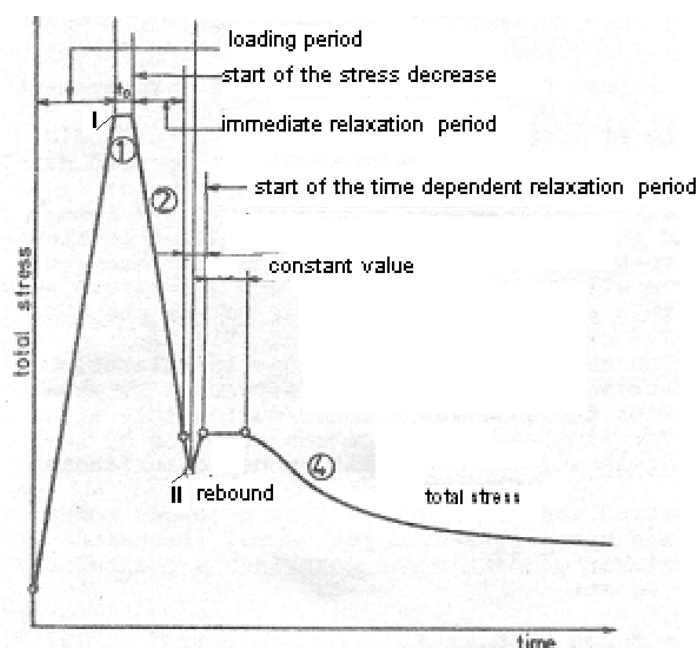
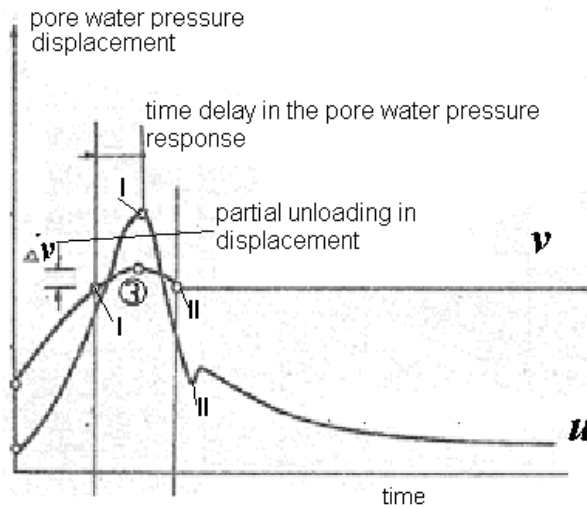


Figure A-1. Geonor type swelling pressure apparatus

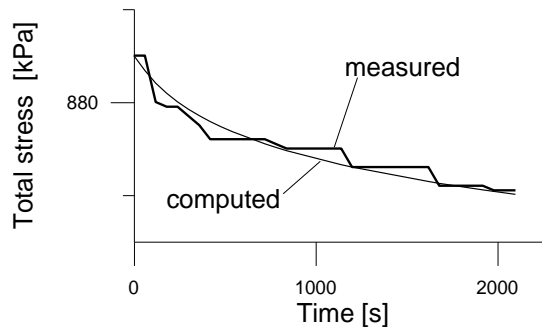


(a) The simplified total stress history (measured at $y=0$, sample top)



(b) The pore water pressure measured at $y=H$ (impermeable boundary, sample bottom, note the time delay due to the compliance) and the displacement measured at $y=0$ (sample top).

Figure A-2. MRT, schematic stage record for pore water pressure and displacement. Notes: 1: delay time of relaxation, 2 or 4: immediate or time dependent relaxation, resp., 3: partial unloading in terms of displacement, the points denoted by I and II are coinciding, I: end of load imposition, II: end of partial unloading.



The 'unsmoothened' total stress record, the effect of the side shear force for sands

Figure A-3. MRT, the time dependency of measured stresses, stage record. Notes: 1: delay time of relaxation, 2 or 4: immediate or time dependent relaxation, resp., 3: partial unloading in terms of displacement, I and II are coinciding points, I: end of load imposition, II: end of partial unloading.

E.Imre, Q.P.Trang: Some notes on the dry density for sands

E. Imre, Q. P. Trang*,

Óbuda University, Kandó Kálmán Faculty of Electrical Engineering Budapest, Hungary & Geotechnical Department, BME, Budapest, Hungary

*Bachy Soletanche, 126 Nguyen Thi Minh Khai St., Dist. 3, Ho Chi Minh City, Vietnam

Abstract: A transfer function generation method is applied in the simplest form to find a relationship between the grading curve and the dry density. The method is based on the grading entropy concept and uses laboratory e_{max} test data measured on some “optimal” grading curves. The goodness of results is tested using some additional laboratory e_{max} test data of some “non-optimal” soils mixtures. As a by-product of the research, some comments are made on the “densest packing problem”.

Keywords: grading curve, grading entropy, void ratio, density, sand, transfer function

Introduction

The aim of the ongoing research is to elaborate a grading curve – dry density relationship. Being the ratio of the smallest and largest dry density constant for sands (Kabai, 1972), the research is dealing with the largest dry density only.

It is a general view that the structure of granular materials and multi-component mixtures is complex and possibly intractable with a direct geometrical model (see e.g. Dexter, Tanner (1971)). Some recent approaches use semi-analytical models (Yu, Standish (1988)) based on the analogy with solutions.

In this paper a different approach, the transfer function generation method (Imre et al, 2008) is applied for the smallest dry density. The method is based on the grading entropy concept and the non-normalised entropy diagram (Lőrincz et al, 2005, Fig 1) which is briefly described in Appendix 1. Some laboratory e_{max} test data of “optimal” soil mixtures are used for the generation of an approximate dry density transfer function. First result are presented and, some comments are made concerning the densest packing problem, too.

Methods

For the elaboration of a dry density transfer function, laboratory e_{max} test data were made on some optimal soil mixtures, composed of maximum 5 fractions (i.e. $N=1, 2, 3$ and 5 , Fig 2, A-1).

For the testing of the validity of the transfer function, some additional e_{max} tests of non-optimal mixtures were made in this research (Fig A-2) and were reused from earlier studies (Kabai, 1972, App 3). The earlier non-optimal grading curve series, denoted by A_0, B_0, B_1, B_2, B_3 , defined in terms of U, d_{max}, d_{10} are shown in Table 2, Figures 3 and A-3.

In the e_{max} test, the sand is poured through a funnel into a cylinder (10 cm high and 10 cm diameter Fig 4). During this process the bottom of the funnel is positioned just above the soil surface, so that the opportunity for grains to rearrange and pack is minimised.

Table 1 The grading curve series of Kabai (see also in Figure A- 3)

series	B ₀	B ₁	B ₂	B ₃	C ₀
d_{max} [mm]	0.145-20.0	0.29-4.74	0.58-1.54	1.24-9.42	4.74
D_{10} [mm]	0.145	0.29	0.58	1.24	

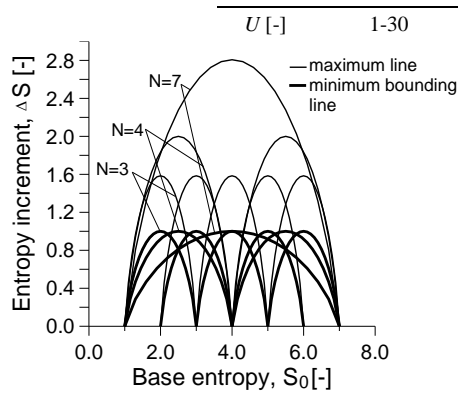


Figure 1. Unified non-normalized entropy diagram.

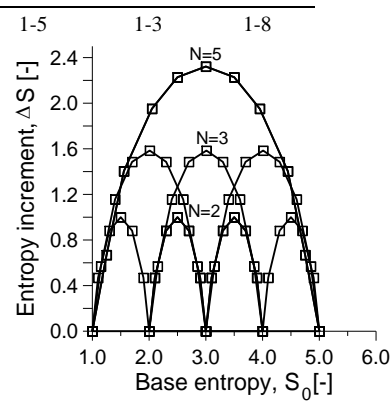


Figure 2. The optimal soils tested in the non-normalized diagram

Results

The results of the laboratory e_{max} tests are shown in Tables A-1 to A-5 (in App 2) in terms of the minimum dry solid volume ratio [s_{min}], with the corresponding entropy parameter values given. The results can be expressed in terms of the void ratio in the loosest state $e_{max}=(1- s_{min})/s_{min}$ or the smallest dry density $\rho_{dmin}= s_{min}\rho_s$ or the specific volume $v_{max} =1/s_{min}$.

Densest packing problem

For the continuous, three-fraction soils ($N=3$), the iso-density lines (i.e. s_{min} level lines) were constructed in the classical triangle diagram (Fig 5(a)). Noting that, x_1, x_2, x_3 denotes the proportion of fine fraction C, middle fraction D and coarse fraction E; the following regular shape was observed at the upper part of the triangle diagram. The densest state down to the horizontal line ($x_2=x_2^*$) was found always at about $x_2=x_2^*$ and $x_1=1/3 (1- x_2^*)$. The densest packing occurred at $x_2^*=0, x_3=1/3, x_1=2/3$ (i.e. gap-graded grading curve). In general, the s_{min} values of the optimal grading curve series for any tested $N>1$ values showed a regular pattern. The maximum s_{min} value was found at about $A=2/3$ (Fig 6).

The image of the level lines

For the three-fraction soils ($N=3$), the simplex can be represented in the two dimensional space and the image entropy map is a “two sheeted cover” (Figs A-1(c), 5(b)). This means that on the entropy diagram, each point will belong to two s_{min} level lines from the simplex or that each point on the entropy diagram has 2 discrete inverse points on the simplex. The s_{min} value is not the same on these. For example, a diagram point may belong to both the $s_{min}=0.55$ and $s_{min}=0.57$ level lines. The slopes of the two sheets at each point are different (generally one positive and one negative) and the negative slope is more uniform (Fig 5(b)).

The level surfaces can not be visualized in the entropy diagram for larger dimensions. Whereas for $N=3$, the inverse of the entropy diagram point was generally 2 points in the simplex (“0 dimensional circle”), for N , the inverse image appeared as “ $N-3$ dimensional circle” on the simplex which means infinite many points. For $N=4$, the s_{min} values were determined in some points of an inverse image “1-circle” shown in Figure A-2(c). The measured values were not constant, as it can be seen in Figure 7.

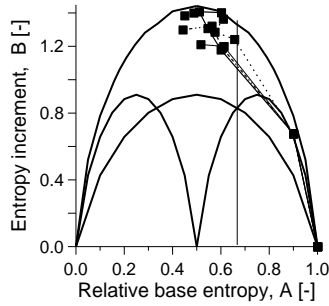


Figure 3. The non-optimal soils of Kabai in the normalized diagram

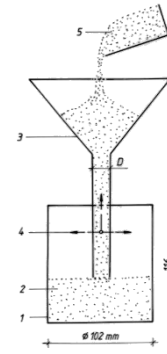


Figure 4. The definition of the e_{max} test

Dry density transfer function

Some s_{min} data measured in some optimal grading curves for $N=2, 3$ and 5 were used for the transfer function definition. Iso-density lines (i.e. s_{min} level lines) were constructed by graphical interpolation in the non-normalized entropy diagram, as about parallel straight lines with negative slope (Fig 8). According to the results, the fractions with increasing diameter had greater density and, the density increased with the entropy increment in about equal rate in the tested part of the non-normalized entropy diagram.

To test the validity of the transfer function, iso-density lines (i.e. s_{min} level lines) were constructed using the non-optimal grading curve data of Kabai (1972). The similar pattern of the s_{min} level lines indicated that the transfer function is acceptable for some class of the non-optimal grading curves in this preliminary form (Fig 9).

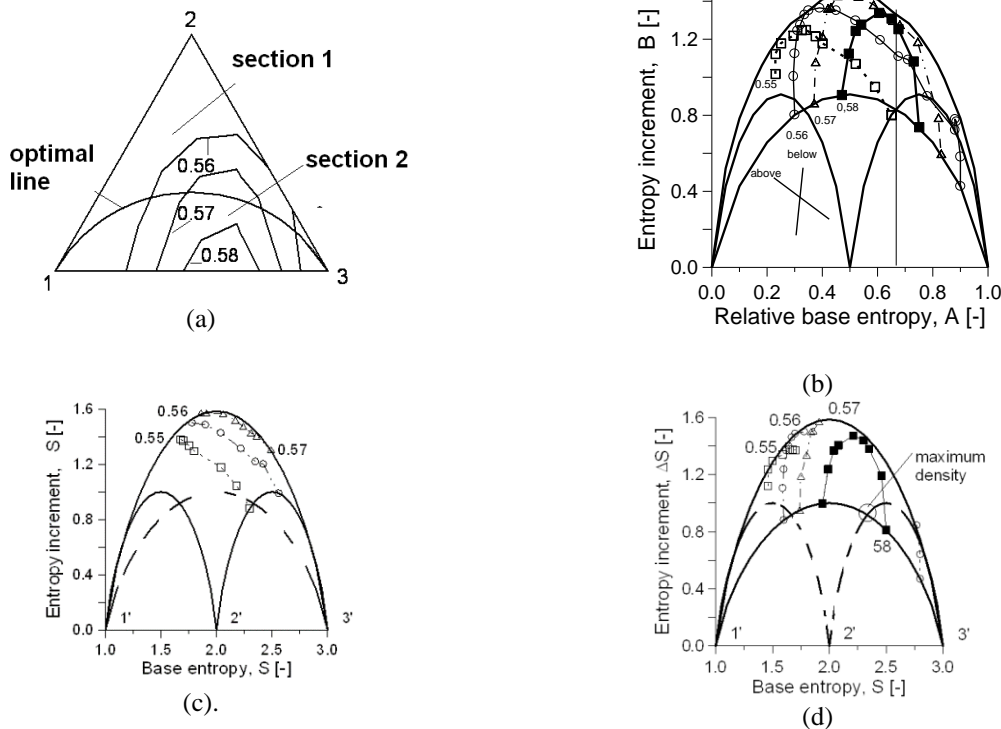


Figure 9. Example for $N=5$. The dry density transfer function defined by the s_{min} iso-lines. (a) Simplex representation. (b) Entropy diagram representation.

(c) The sheet mapped from above the optimal line (d) The sheet mapped from below the optimal line.

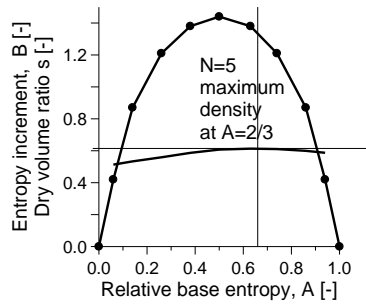


Figure 6. The $A - s_{min}$ relation showing the tested grading curves in the normalized diagram for $N=5$

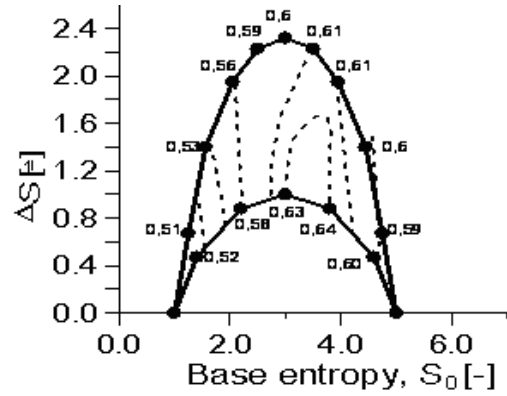


Figure 7. The iso-density (s_{min}) level lines, maximum continuous and gap-graded mixtures $N=5$.

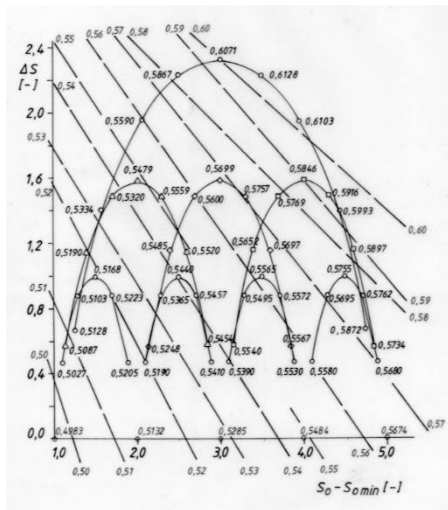


Figure 8. The dry density transfer function defined by the iso-density (s_{min}) level lines, continuous mixtures.

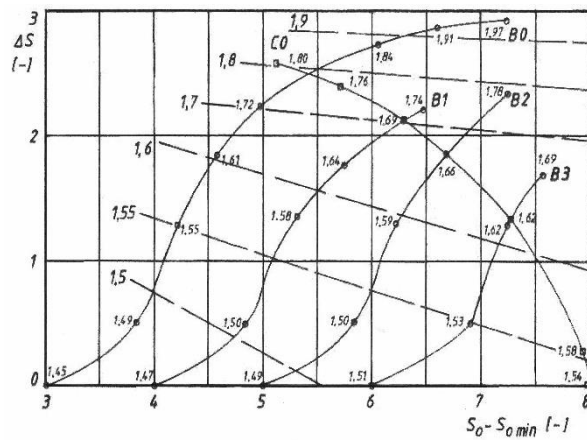


Figure 9. The iso-density (Δs_{min}) level lines.

Discussion, conclusion

Dry density transfer function

A preliminary transfer function was determined between the grading curve and the dry density of sands using the method described in the companion paper (Imre et al, 2008). The iso-density (s_{min}) lines of the transfer function were constructed by interpolation based on some s_{min} data of optimal grading curves with fraction number of $N=2, 3$ and 5 in the non-normalized entropy diagram. The s_{min} level lines were about parallel straight lines with negative slope (Fig 6).

The slope of the iso-lines can be estimated as the slope of the tangent of the maximum ΔS line at $A=2/3$ (i.e. using the fact that the measured s_{min} is maximal within an optimal grading curve series at $A=2/3$, see Fig 6). The so-computed tangent is equal to -1 for $N=2$.

It is assumed for the transfer function generation method, that the scalar property is the same at the nearly coinciding parts of the image of the optimal grading curves in the non-normalized entropy diagram. According to the results, this assumption was basically met.

For $N=3$, the entropy map is a two sheeted cover (Fig 5(b)) which can be used to illustrate the main features of the transfer function approach. The image of the true s_{min} level lines (constructed in the triangle diagram, using optimal grading curve data) mapped from the upper

part of the triangle diagram (i.e. from above “line a ”, Fig A-1(c)) are the part of the iso-density lines of the transfer function. However, the s_{min} level lines mapped from the lower part of the triangle diagram (i.e. from below “line a ”, Fig A-1(c)) are missing from the transfer function. As a result, for example, the “densest point information” is missing from the transfer function in its present form.

These features can be explained by the facts that the transfer function is constructed on the basis of optimal grading curve data reflecting a kind of mean behavior (i.e. using the data related to line “ a ”, Fig A-1(c)) and, the interpolation in between these data seems to be made in “downwards direction” in terms of N . The effect of these approximations can be compensated in further research if the transfer function is extended in a systematic way onto the inverse image of the non-normalized entropy diagram points.

To test the validity of the transfer function, the iso-density (s_{min}) lines were constructed in a similar way in the non-normalized entropy diagram from non-optimal grading curve data (Fig 9). The similar pattern of the s_{min} level lines indicated that the preliminary transfer function presented here was possibly acceptable for some non-optimal grading curves, too.

Densest packing problem

It was originally assumed that the solution of the densest packing problem in terms of entropy coordinates is either the maximum entropy point or the maximum entropy increment point with $A=2/3$. These points – situated on the maximum B line - differ slightly.

The results of this study do not fully support these assumptions. For $N=3$, maximum density point was found for a gap-graded mixture with about 1/3 finest- 2/3 coarsest ratio (Fig 5(a)). The corresponding entropy diagram point is situated on the minimum B line at about $A=2/3$. The s_{min} values of the optimal grading curves were represented in the function of A for every N value separately. The global maximum of the $A - s$ representation was found at about $A=2/3$ for the tested N values (e.g. Fig 6 for $N=5$). The corresponding point in the entropy diagram is situated on the maximum B line at about $A=2/3$.

References

- Dexter, A.R; Tanner, D.W; (1971). Nature. 230:177.
- Imre, E; Lőrincz, J; Rózsa, P (2008). Characterization of some sand mixtures. Proc. of the 12th Int. Conference of International Association for Computer Methods and Advances in Geomechanics (IACMAG) 1-6 October, 2008 Goa, India (accepted).
- Lőrincz, J (1986). Grading entropy of soils Doctoral Thesis, Technical Sciences, TU of Budapest.
- Lőrincz, J; Imre, E; Gálos, M; Trang, Q.P; Telekes, G; Rajkai, K; Fityus, I. (2005). Grading entropy variation due to soil crushing. Int. Journ. of Geomechanics. Vol 5. Number 4. p. 311-320.
- Kabai, I. (1972). Relationship between the grading curve and the compactibility (A szemcseeloszlás és tömöríthetőség összefüggése). University doctoral thesis BME, Budapest, Hungary (in Hungarian).
- Yu, A.B; Standish, N. (1988). An Analytical-Parametric Theory of the Random Packing Particles. Powder Technology, 55:171-186.

Table A-1. Fraction (eigen-) entropies

Fraction number i	1	...	23	24	25
d [mm] limits	$2^{-22} \cdot 2^{-21}$		1-2	2-4	4-8
S_{0i} [-]	0		22	23	24

Appendix 1. Grading entropy concept, transfer function generation method

Grading entropy coordinates

Two statistical cell systems are used in the definition of the grading entropy (Lőrincz et al. 20051). As it can be seen in Table 1, the fractions are defined by successive multiplication by a factor of 2, starting from an arbitrary diameter d_0 . The following equation is met for the relative frequencies of the fractions denoted by x_i ($i = 1..N$):

$$\sum_{i=1}^N x_i = 1, \quad x_i \geq 0 \quad (1)$$

where N is the number of the fractions between the finest and coarsest ones. There is a natural one-to-one relationship between the space of the possible grading curves with N fractions and an $N-1$ dimensional closed simplex (denoted by \square) since the relative frequencies of the fractions can be identified with the coordinates of the simplex points. (The $N-1$ dimensional simplex is the $N-1$ dimensional analogy of the triangle which is a 2 dimensional simplex.) The fractions are “embedded” into a smaller cell system with uniform width of d_0 .

It is assumed that the distribution is uniform within a fraction. The grading entropy S is the statistical entropy of the grading curve in terms of the elementary statistical cell system. It can be split into two parts $S = S_o + \Delta S$. The S_o part is the base entropy given by the following function:

$$S_o = \sum_{k=i_1}^{i_N} x_k S_{ok} \quad (2)$$

using S_{ok} for the eigen-entropy of the k -th fraction (Table a-1) which is the grading entropy S assuming $N=1$. The entropy increment ΔS is given by the following function:

$$\Delta S = -\frac{1}{\ln 2} \sum_{i=1}^N x_i \ln x_i, \quad x_i > 0 \quad (3)$$

The normalised coordinates, the relative base entropy A and the normalised entropy increment B are:

$$A = \frac{\sum_{i=1}^N x_i (S_o - S_{o \min})}{N-1} = \frac{\sum_{i=1}^N x_i (i-1)}{N-1} \quad (4)$$

$$B = \frac{\Delta S}{\ln N} \quad (5)$$

Grading entropy map

There is a natural one-to-one relationship between the grading curves with N fractions and the points of an $N-1$ dimensional simplex (i.e. the $N-1$ dimensional analogy of the triangle which is a 2 dimensional simplex). The relative frequencies of the fractions can be identified with the barycentre coordinates of the simplex points.

The entropy map is defined between the $N-1$ dimensional simplex and the two dimensional entropy space ($\square\square[A,B]$ or $\square\square\square[S_o, \square S]$). Normalised grading entropy diagrams are shown in Figures A-1(b) and A-2(b) for a 2 dimensional simplex (Figure A-1(a)) and a 3 dimensional simplex (Figure A-2(a)), respectively. The critical values of the entropy map are the points of the maximum B line, whilst the regular values are the inner diagram points.

The inverse image of a regular value of $[A,B]$ is similar to (some parts) of an $N-3$ dimensional circle being centred to the so called “optimal” point on the $A=\text{const}$ hyper-plane section of the simplex (e.g. Figs A-1c and A-2c). The $A=\text{const}$ hyper-planes are parallel to each-others and on a specified section of the simplex the integral of every grading curve is the same. The optimal point is the inverse image of $[A, B_{\max}]$, the corresponding grading curve has fractal

distribution, being a kind of mean grading curve concerning the inverse image of a regular value. The optimal points constitute a line along these parallel hyper-plane sections series of the simplex, depending on the value of parameter A ("line a " in Fig A-1c) for any value of N .

The transfer function generation method is based on the strict classification of the grading curves given by the entropy map (i.e. those grading curves are treated together that maps into the same entropy diagram point), the continuous extension property of the non-normalized entropy map and, the geometry of the non-normalized entropy diagram.

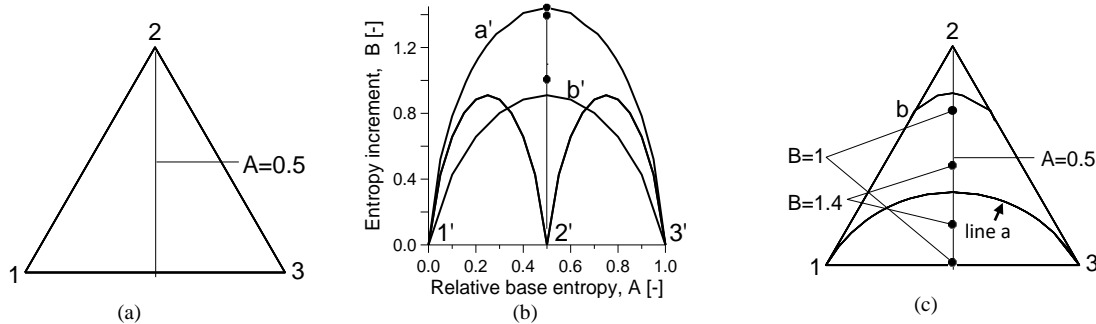


Figure A-1. $N=3$, the normalized entropy map of the 2 dimensional simplex. (a.) The triangle diagram and the $A=0.5$ hyper-plane section. (b) The normalized entropy diagram with a point series with $A=0.5$. (c) . The inverse image of the points shown in Fig 1b (0 dimensional "circles") on the $A=0.5$ hyper-plane section.

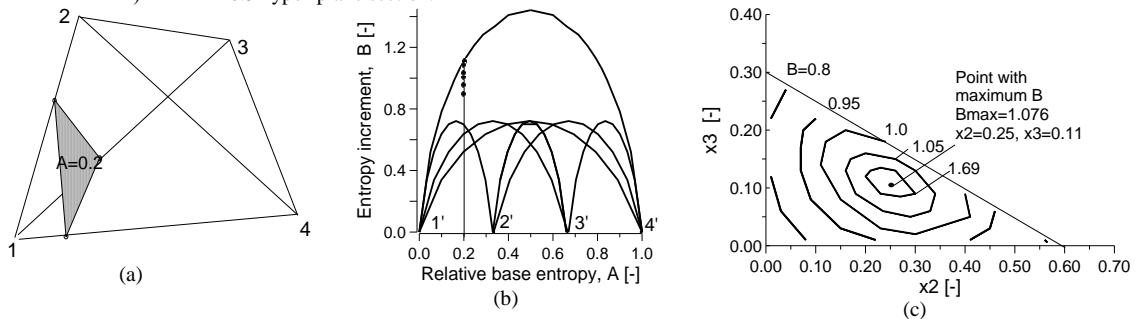


Figure A-2. $N=4$, the normalized entropy map of the 3 dimensional simplex. (a.) The simplex and the $A=0.2$ hyper-plane section. (b) The normalized entropy diagram with a point series with $A=0.2$. (c) . The inverse image of the foregoing points (shown in Fig 2b) (1 dimensional "circles") on the $A=0.2$ hyper-plane section of the simplex.

The transfer function is generated in two steps. First a preliminary transfer function $F_1: [S_0, S]R$ is constructed in the non-normalised grading entropy diagram by interpolation using some optimal grading curve data being related to the maximum S lines. Then the resulting preliminary transfer function is extended onto the inverse image of the non-normalised diagram points $F_2: R$. The simplex s expressed as the direct sum of the entropy diagram points $[S_0, S]$ and the inverse image of the entropy diagram points $f^1([S_0, S])$. In the simplest case the constant function is used for the inverse image of the entropy diagram points

The following approximations and assumptions are involved in the first step. (i) Those grading curves are treated together during the interpolation that maps into the same non-normalised entropy diagram point. (ii) The interpolation is based on optimal grading curves which represent some kind of mean behaviour for a specified A and N . (iii) It is assumed that the behaviour is the same at the nearly coinciding parts of the optimal grading curves. As a result, it is assumed that for an entropy diagram point falling in between the image of optimal soils with fractions $N - k$ and $N - k - 1$, the soil behaves as a soil with fraction number $N - k$. (iv) The point of an N -fraction soil may fall in between the optimal 1 to N -fraction soils and may never fall in between the optimal N - to $N+1$ -fraction soils in the non-normalized diagram. It follows that the interpolation is always made in "downwards direction" in terms of N .

Appendix 2 Data of the soils tested here

Table A- 1 Loosest state for the fractions tested here

Fraction	A	B	C	D	E
D [mm]	0.071-0.125	0.125-0.25	0.25-0.5	0.5-1.0	1.0-2.0
s_{min} [-]	0.4983	0.5132	0.5285	0.5484	0.5674

Table A- 2 Loosest state for continuous 2-mixtures

Sample		212	213	214	215	221	222	223	224	225
A [-]	0.10	0.30	0.50	0.70	0.90	0.10	0.30	0.50	0.70	0.90
B [-]	0.68	1.27	1.44	1.27	0.68	0.68	1.27	1.44	1.27	0.68
s_{min} [-]	0.50	0.51	0.52	0.52	0.52	0.52	0.54	0.54	0.55	0.54

Table A- 2 cont.

Sample		231	232	233	234	235	241	242	243	244	245
A [-]	0.10	0.30	0.50	0.70	0.90	0.10	0.30	0.50	0.70	0.90	
B [-]	0.68	1.27	1.44	1.27	0.68	0.68	1.27	1.44	1.27	0.68	
s_{min} [-]	0.54	0.55	0.56	0.56	0.55	0.56	0.57	0.58	0.58	0.57	

Table A- 3 Loosest state for optimal 3-mixtures

Sample		311	312	313	314	315	316	317
A [-]	0.08	0.20	0.35	0.51	0.65	0.80	0.93	
B [-]	0.52	1.05	1.35	1.44	1.35	1.05	0.52	
s_{min} [-]	0.51	0.52	0.53	0.55	0.56	0.55	0.55	

Table A- 3 cont.

Sample		321	322	323	324	325	326	327
A [-]	0.08	0.20	0.35	0.51	0.65	0.80	0.93	
B [-]	0.52	1.05	1.35	1.44	1.35	1.05	0.52	
s_{min} [-]	0.52	0.55	0.56	0.57	0.58	0.57	0.56	

Table A- 4 cont.

Sample		331	332	333	334	335	336	337
A [-]	0.08	0.20	0.35	0.51	0.65	0.80	0.93	
B [-]	0.52	1.05	1.35	1.44	1.35	1.05	0.52	
s_{min} [-]	0.55	0.57	0.58	0.58	0.59	0.59	0.57	

Table A- 4 Loosest state for optimal 5-mixtures

Sample		41	42	43	44	45	46	47	48	49
A [-]	0.06	0.14	0.26	0.38	0.50	0.63	0.74	0.86	0.94	
B [-]	0.42	0.87	1.21	1.38	1.44	1.38	1.21	0.87	0.42	
s_{min} [-]	0.51	0.53	0.56	0.59	0.61	0.61	0.61	0.60	0.59	

Table A- 5 Loosest state for gap-graded 3-mixtures

Sample		511	512	513	514	515	521	522	523	524	525
A [-]	0.1	0.3	0.5	0.7	0.9	0.1	0.3	0.5	0.7	0.9	
B [-]	0.47	0.88	1	0.88	0.47	0.47	0.88	1	0.88	0.47	
s_{min} [-]	0.51	0.54	0.56	0.57	0.55	0.53	0.56	0.58	0.59	0.56	

Table A- 5 cont.

Sample		531	532	533	534	535
A [-]	0.1	0.3	0.5	0.7	0.9	
B [-]	0.47	0.88	1	0.88	0.47	
s_{min} [-]	0.55	0.58	0.60	0.60	0.58	

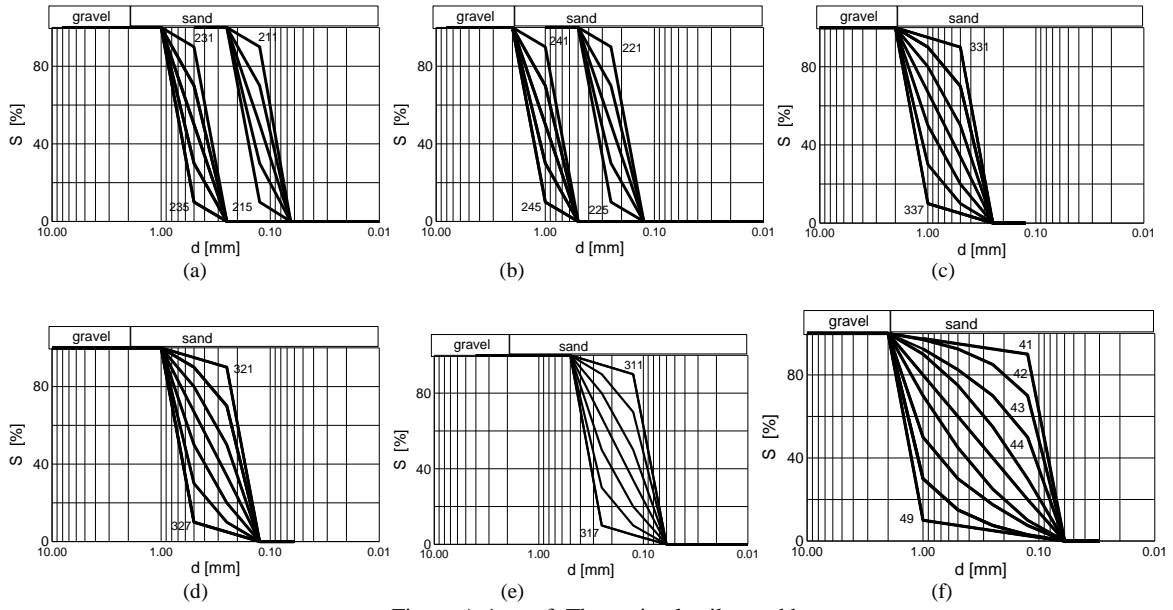


Figure A-1 a to f: The optimal soil tested here

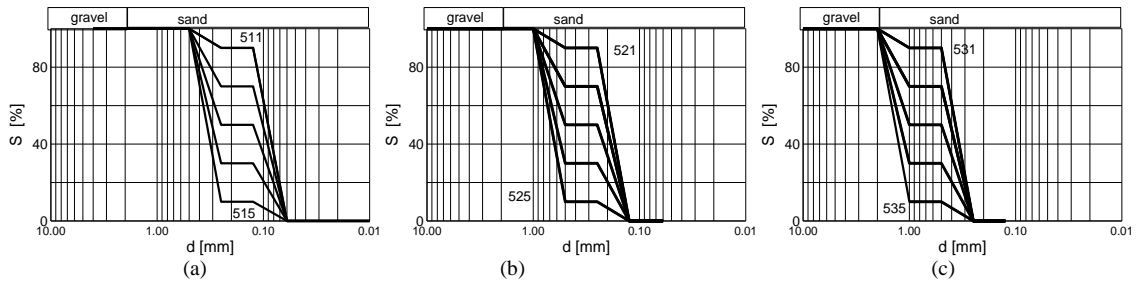


Figure A-2 a to c: The gap-graded soil tested here

Appendix 3 Data of the soils tested by Kabai

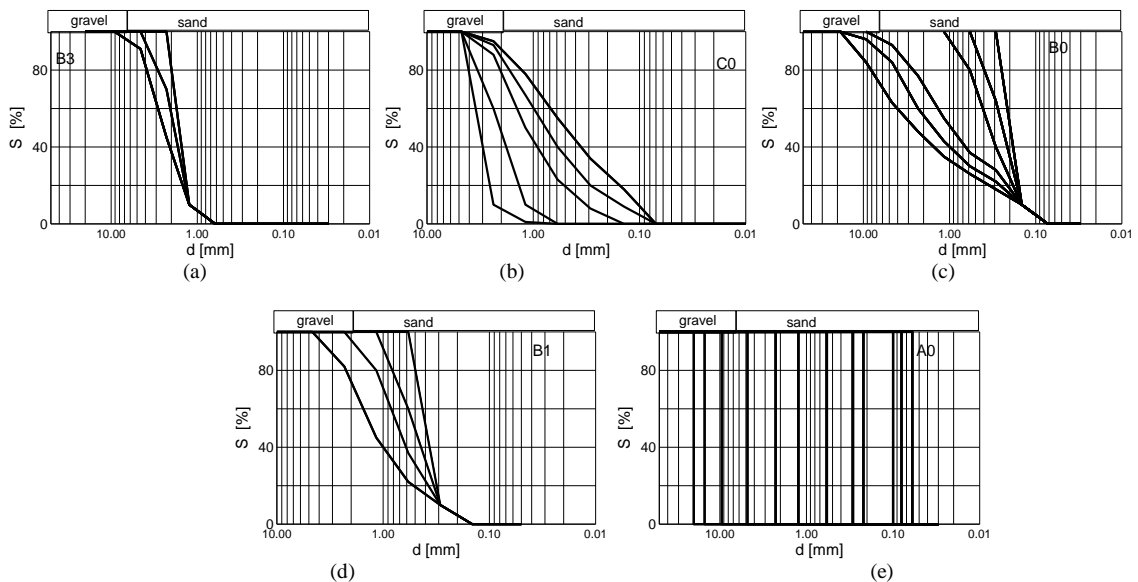


Figure A-3 a to e: The soil mixture series tested by Kabai