



M Ű E G Y E T E M 1 7 8 2

# BME A FENNTARTHATÓSÁGÉRT

2022



## Előszó

A fenntarthatóság a modern kor egyik legnagyobb társadalmi kihívása, amiben a jövőért viselt felelősségünk nyilvánul meg. A Műegyetem értékrendjében fontos szerepet játszik az élhető jövő megteremtése és ökoszisztémánk megőrzése. A BME elkötelezett a környezetvédelemben, a klímacélok teljesítésében és az energiatakarékosságban, amivel kapcsolatos programok már megindultak az Egyetemen. Mivel a fenntarthatóság kérdéseinek a stratégiai megválaszolásához tudományos kompetenciákra van szükség, a BME a tudásvagyonával és sokrétű kutatási fejlesztési eredményeivel is szeretne ezekhez a válaszokhoz hozzájárulni, illetve a fenntarthatóság kutatásának aktív részese lenni.

Jelen kiadvány a 2022. november 25-én megtartott **„BME a fenntarthatóságért”** című konferencia összefoglalója, amelyben 57 előadás foglalkozik a fenntarthatóság tudományos kérdéseivel.

Az összefoglaló az alábbi témaköröket érinti:

- hulladék, műanyagok, biodiverzitás és újrahasznosítás,
- a fenntarthatóság társadalmi és gazdasági vonatkozásai,
- fenntartható energetika,
- település fenntarthatóság és élelmiszerek fenntartható előállítása,
- karbonkibocsátás, globális felmelegedés, lég-, talaj- és vízszennyezés.

A konferenciakiadvány célja egyrészt áttekintést adni a fenntarthatósághoz kapcsolódó egyetemi tevékenységekről, másrészt segíteni szakmai kapcsolatfelvételt az egyetemi kutatókkal.

# Tartalom

|            |   |           |
|------------|---|-----------|
| <b>1.0</b> | <b>Fenntarthatóság a társadalmi és gazdasági vonatkozásai.....</b>  | <b>6</b>  |
| 1.1        | Az oktatás szerepe és lehetőségei a fenntarthatósági átmenet megvalósításában .....   | 7         |
| 1.2        | Régiúj építészet – Kurzusok és módszerek az Építészmérnöki Kar Lakóépülettervezési Tanszékén .....  | 10        |
| 1.3        | Klímainnovációs törekvések fenntarthatósági vonatkozásai.....   | 14        |
| 1.4        | Ökológiai fenntarthatóság épületeink esztétikájában.....  | 17        |
| 1.5        | Mérhető-e a regionális energiaátmenet? A fenntartható energiagazdálkodás indikátor-alapú értékelése az Európai Unióban.....                   | 19        |
| 1.6        | Piacgazdaság és fenntarthatóság: szemfényvesztés.....   | 22        |
| 1.7        | Fenntarthatósági szempontú életciklus értékelés (LCSA) lehetőségei a közúti közlekedésben .....   | 24        |
| 1.8        | A kulturális és gazdasági fenntarthatósági pillérek érvényesülése a szerzői jogban .....  | 26        |
| 1.9        | Humán erőforrás szerepe a vállalatok digitalizációs és fenntarthatósági törekvéseiben .....   | 29        |
| 1.10       | A presumption jelenségének gazdasági, társadalmi és környezeti vonatkozásai.....  | 31        |
| <b>2.0</b> | <b>Fenntartható energetika.....</b>   | <b>34</b> |
| 2.1        | Épületekre telepített napelemes rendszerek termelésének helybeni felhasználásának maximalizálása épületgépészeti rendszerek segítségével .... | 35        |
| 2.2        | Épületszerkezetek higrotermikus modellezésen alapuló energetikai és állagvédelmi értékelése .....   | 38        |
| 2.3        | Okos technológiákkal és fenntarthatósággal az energiafüggetlenség és dekarbonizációs célok felé.....  | 41        |
| 2.4        | A Nukleáris Technikai Intézetben zajló IV. generációs atomerőmű kutatások a fenntarthatóság nevében.....                                      | 44        |
| 2.5        | Ritkaföldfém-mentes villamos forgógépek tervezési módszereinek kutatása.....  | 46        |
| 2.6        | Új hálózati megoldások a megújuló villamosenergia részarányának növelésére.....   | 49        |
| 2.7        | Az elosztott energiatermelés hatása a kismegfeszítésű kábelhálózatok élettartamára.....   | 52        |
| 2.8        | Napenergia-hasznosítás hatásfokának növelése spektrumbontással.....   | 54        |



|            |  |           |
|------------|--|-----------|
| 2.9        | Utópia - avagy hogyan kellene a villamos energiát kezelni? .....   | 58        |
| 2.10       | A gázmotoros áramszolgáltatás üzleti lehetőségei az egészségügyi szektorban .....  | 60        |
| <b>3.0</b> | <b>Hulladék, műanyag, biodiverzitás, újrahasznosítás, fenntarthatóság a kémiában.....</b>  | <b>63</b> |
| 3.1        | Körforgásban az építészet - Alternatív közgazdaságtani megközelítéseken alapuló építészeti jógyakorlatok.....                                | 64        |
| 3.2        | A bontás, mint tudatos építészeti gesztus.....   | 66        |
| 3.3        | Machine learning as a tool for more efficient adaptation of green solutions in the concrete industry .....                                   | 68        |
| 3.4        | Production of sustainable concrete using BME cladding wastes .....   | 69        |
| 3.5        | A detailed review on early age shrinkage cracking in recycled aggregate concrete.....  | 71        |
| 3.6        | Szalma- és üveghulladék-alapú tűzálló hőszigetelés fejlesztése.....  | 73        |
| 3.7        | Környezetbarát áramköri hordozók.....  | 77        |
| 3.8        | Polimerek a fenntarthatóság jegyében.....  | 80        |
| 3.9        | A bioműanyagokról közérthetően .....   | 82        |
| 3.10       | Stabilizátorok szerepe a polietilén újrahasznosításában; Természetes eredetű antioxidánsok alkalmazása.....                                  | 84        |
| 3.11       | Zero Waste Kampusz.....  | 86        |
| 3.12       | Fenntartható szerves vegyipar (gyógyszeripar) – Zöldkémiai kihívások a fejlesztések során .....  | 88        |
| <b>4.0</b> | <b>Lég-, talaj- és vízszennyezés, vízgazdálkodás/karbon kibocsátás és a globális felmelegedés .....</b>                                      | <b>91</b> |
| 4.1        | Az alkalmazkodóképesség és lock-in jelenség szerepe a fenntarthatóságban.....  | 92        |
| 4.2        | Hazai nagyvárosok hőhullámokkal szembeni sérülékenysége.....   | 96        |
| 4.3        | Klímaváltozás és hőhullámok - épületeink szemszögéből.....   | 99        |
| 4.4        | A LIFE – Városi Eső projekt bemutatása: lépések az éghajlatváltozáshoz alkalmazkodó városi csapadékvíz-gazdálkodási rendszerek irányába..... | 101       |
| 4.5        | Épületek optimalizációja a teljes életciklusra vetített környezeti hatás szempontjából.....  | 103       |
| 4.6        | Munkahelyi mobilitástervezés a fenntartható közlekedésért.....   | 105       |
| 4.7        | Vízi környezetben megjelenő mikroszennyező-anyagáramok mérése és modellezése.....  | 108       |



|            |   |            |
|------------|---|------------|
| 4.8        | A vízbiztonság kulcsa a kék-zöld tájhasználat és a stabil hidrológiai ciklus.....   | 112        |
| 4.9        | Folyók fenntartható hordalékgazdálkodásának megalapozása.....   | 115        |
| 4.10       | A Balaton fenntartható vízszintszabályozása .....   | 118        |
| 4.11       | Klíímaváltozás hatása vizsgálata sarkvidéki folyóvizek műholdas megfigyelésében.....  | 120        |
| 4.12       | Új fokozott CO <sub>2</sub> megkötésre képes bányameddő tartalmú mészhabarcs kifejlesztése.....   | 123        |
| <b>5.0</b> | <b>Település fenntarthatóság/élelmiszer.....</b>  | <b>125</b> |
| 5.1        | A városi fenntarthatóság mérhetősége, avagy a fenntartható településfejlesztés elengedhetetlen lépése .....   | 126        |
| 5.2        | Fenntartható épületállomány: tartószerkezeti problématerkép.....  | 130        |
| 5.3        | Kompakt város és élhetőség.....   | 132        |
| 5.4        | A nagyvárosok renaturalizációja: Fenntartható élhetőség.....  | 135        |
| 5.5        | Épületfelújítás, csak a már rendelkezésre álló erőforrások leghatékonyabb felhasználásával, tőke és pénzmozgás nélkül / Arkt Művészeti Ellátó, Eger ..... | 138        |
| 5.6        | Barnamezős területek Magyarországon fenntarthatósági nézőpontból.....   | 140        |
| 5.7        | A városi zöld infrastruktúra értékelési lehetőségei.....  | 143        |
| 5.8        | Hogyan szolgálhatja a BME-n rendelkezésre álló élelmiszertudományi kompetencia a fenntarthatósági célok megvalósítását? .....                             | 144        |
| 5.9        | Társadalmi innováció, fenntartható üzleti modellek az élelmiszerpazarlás csökkentéséért.....  | 147        |
| 5.10       | Tejsav fermentációs technológiák fejlesztése .....  | 150        |
| 5.11       | Talajkezelés pernyével, vörösiszappal és bioszénnel: esettanulmányok .....  | 152        |
| 5.12       | Mikroalgák szén-dioxid megkötési sebességének vizsgálata.....   | 155        |
| 5.13       | Bacteria as Biocontrol agents against Fungal Infections of Crops for Sustainable Agriculture .....  | 157        |



M Ű E G Y E T E M 1 7 8 2

# 1.0 A FENNTARTHATÓSÁG TÁRSADALMI ÉS GAZDASÁGI VONATKOZÁSAI

## **1.1 Az oktatás szerepe és lehetőségei a fenntarthatósági átmenet megvalósításában**

Barna Orsolya, Szalmáné Dr. Csete Mária

Gazdaság- és Társadalomtudományi Kar, Környezetgazdaságtan és Fenntartható Fejlődés Tanszék

Egyéni és közösségi szinten egyaránt sürgős intézkedésekre van szükség ahhoz, hogy 2030-ra elérjük az ENSZ Fenntartható Fejlődési Céljai (UN SDGs) által kitűzött célokat. A fenntarthatósággal kapcsolatos célok olyan összetett kérdések, amelyek esetében a hagyományos megoldások nem elég hatékonyak, ezért a komplexitás és bizonytalanság jelenlegi kontextusában új készségekre és kompetenciákra van szükség e kihívások eredményes kezeléséhez.

Az oktatás kiemelt szerepet játszik a fenntarthatósági értékek átadásában, a tudatosság növelésében és a viselkedésváltozás elősegítésében, valamint a fenntarthatósági átmenet megvalósításához szükséges kulcskompetenciák fejlesztésében. Az oktatási rendszer fejlesztése egyértelműen hozzájárul a fenntartható fejlődés célkitűzéseinek eléréséhez. A fenntartható fejlődési célok 4.7. célkitűzése szerint 2030-ig minden tanulónak el kell sajátítania a fenntartható fejlődés előmozdításához szükséges ismereteket és készségeket. Az oktatási rendszereknek világszerte be kell építeniük a fenntartható készségeket és kompetenciákat a napirendjükbe a fenntarthatósági átmenet céljainak elérése érdekében. A fenntartható fejlődést be kell építeni az oktatásba, továbbá az oktatást integrálni kell a fenntartható fejlődési célok eléréséért folytatott törekvésekbe.



Ami a közép-kelet-európai régiót és azon belül Magyarország oktatási rendszerét illeti, azt továbbra is a hagyományos oktatási módszerek jellemzik, beleértve a memorizálásra és a tanárok iránti tiszteletre helyezett hangsúlyt az együttműködés és vitakészség fejlesztése helyett. A fenntarthatósági készségek és kompetenciák integrálása a közoktatási és felsőoktatási tantervbe ezért nagy terhet ró a magyar oktatási rendszerre, hiszen a fenntarthatóság oktatása részvételi tanítási és tanulási módszereket is igényel, amelyek motiválják és képessé teszik a tanulókat viselkedésük megváltoztatására, kihívás alapú kritikus gondolkodásra, valamint a fenntartható fejlődés érdekében történő cselekvésre, amely nélkülözhetetlen a kitűzött célok megvalósításához.

Kutatásunk célja, hogy a fenntartható jövő eléréséhez szükséges készségek és kompetenciák legújabb európai közös értelmezését mutassuk be különös tekintettel a magyarországi gyakorlati megvalósítási lehetőségeire, jó gyakorlataira. A fenntarthatósági oktatás kihívásainak megértéséhez kutatásunk során megvizsgáltuk a fenntarthatósági oktatás releváns hazai és nemzetközi szakirodalmát és az oktatás szerepét az ENSZ Fenntartható Fejlődési Célokban. Bemutatjuk a legfontosabb fenntarthatósági kompetenciák, készségek kategorizálását. A hazai fenntarthatósági oktatás mélyebb megértése érdekében bemutatásra kerül a magyar oktatási rendszer, valamint két sikeres helyi oktatási kezdeményezés a fenntarthatósághoz kapcsolódóan.

Eredményeink azt mutatják, hogy a fenntarthatóság-oktatás összekapcsolása kiemelten fontos szerepet játszhat a fenntartható fejlődési célok és célkitűzések megvalósításában. Az oktatásnak vezető szerepet kell játszania a jövő generációk felkészítésében, és olyan módszereket kell kidolgoznia, és integrálnia, amelyekkel elősegíthető a diákok fenntarthatósági kompetenciáinak hatékony fejlesztése. Már hazánkban is találunk fenntarthatósági oktatási jó gyakorlatokat, melyek fókuszba helyezik a fenntarthatóság problémakörét, illetve azon készségek és kompetenciák fejlesztését, amelyekkel felkészíthetjük a diákokat a hatékony válaszadásra korunk komplex problémáira. A jó gyakorlatok és hatékony módszerek elterjedéséhez és kidolgozásához további erőfeszítésekre és kutatásokra van szükség a rendszerszintű változás elérése érdekében.

Köszönetnyilvánítás: A Kulturális és Innovációs Minisztérium ÚNKP-22-3-II-BME-187 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült.

**Kulcsszavak:**

*minőségi oktatás, fenntarthatósági kompetencia, fenntarthatósági készségek, ki-hívás alapú oktatás*

**Kapcsolódó publikációk:**

*Barna Orsolya, Szalmáné Csete Mária, 2022. Zöld készségek a felsőoktatásban. Educatio 30, 682–693. <https://doi.org/10.1556/2063.30.2021.4.9>*

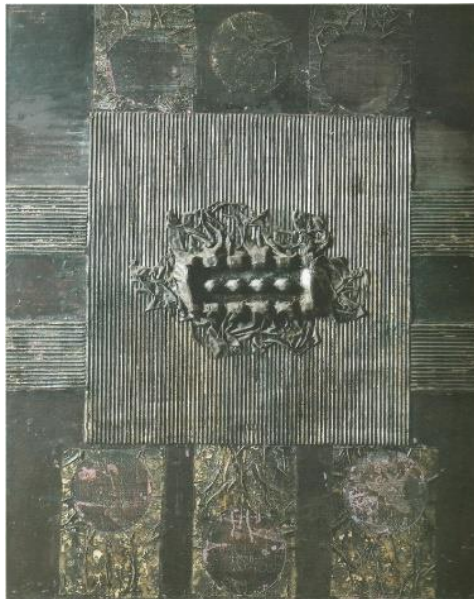
*Szalmáné Csete Mária, Buzási Attila, Barna Orsolya, 2020. Climate innovation and entrepreneurship in primary and secondary education in Hungary In: Gyula, Zilahy (szerk.) Sustainability in Transforming Societies: Proceedings of the 26th Annual Conference of the International Sustainable Development Research Society, pp. 337-350., 14 p.*

## 1.2 Régiúj építészet – Kurzusok és módszerek az Építészmérnöki Kar Lakóépülettervezési Tanszékén

Nagy Márton DLA

Építészmérnöki Kar, Lakóépülettervezési Tanszék

A „régiúj” kifejezést Miroslav Siktől kölcsönzöm. A zürichi ETHn Sik által vezetett műtermet nevezték Oldnew architecture studio-nak. A szó siki értelmében az oldnew egy tervezési módszer, mely a kontextus megértésén alapul. Svájc vezető építészkepző intézményének törekvése jól mutatja a kortárs művészet és építészet koncepció orientált természetében rejlő feszültségre adható egyik lehetséges választ. A tervezési kurzusaimon gyakorolt módszer, mely a reflexiót helyezi előtérbe, egy képzőművészeti analógia az assemblage segítségével írható le. A sok esetben talált tárgyak, új helyzetben egymás mellé illesztéséből létrehozott háromdimenziós műalkotás lényege, hogy régi, legtöbbször használaton kívüli dolgokat új összefüggésbe helyezve az elemek többlet tartalomra tesznek szert.



1. ábra

Az assemblage takarékos műfaj, hiszen alapanyagait értéktelen elemek, gyakorlatilag hulladékok adják, olyan anyagok, amelyekben azonban a művész képes felfedezni valamiféle tartalékot. (ábra 1.) Kurzusaink ezt a képzőművészeti módszert értelmezik az építészet területén, a tartalékok felfedezését és felhasználását helyezik a középpontba. A tartalékot rejtő kiindulás lehet pusztán építőanyag, meglévő épület, de lehet az épített környezet egy nagyobb része, vagy éppen anyagtalán, szellemi természetű.



Az ÉPÍTŐipar című kurzus kifejezetten az anyagban rejlő tartalékokra irányítja a hallgatók figyelmét. A résztvevők egy átépítés alatt álló műemlék épület belső tereibe épített installációk segítségével kísérleteztek azzal, hogy különböző anyagok milyen többlet tartalommal bírnak különböző helyzetekben. (ábra 2.)



**2. ábra**

Belakás 1.0 és 2.0 mottóval indított kurzusainkon elhagyott épületekkel, egy torzóval, illetve egy romos műemlékkel foglalkoztunk.

Az első esetben egy Kisnána határában talált, felhagyott mezőgazdasági épület vasbeton tartószerkezeti váza, és a Mátra lábánál húzódó külterületi, gyümölcsösök adta varázslatos természeti környezet jelente a kiindulást. Inkább semmi, mint valami. Természet, egy örökölt raszter, mint rendszer és némi anyag.

A féléves vizsgálódás eredményeként olyan tervjavaslatok születtek, amelyek elfogadva az erózió vissza nem fordítható hatását a vázrendszert, mint torzót vették birtokba. (ábra 3.)



**3. ábra**

A második esetben a Malomtó és mellette a Ray Rezső által tervezett egykori népgőzfürdő megmaradt, műemlék kupolatere jelentette a rendkívül összetett városépítészeti, kulturális, történeti, természeti kontextust. A tervjavaslatok az összetett helyszín különböző tartalékait kiemelve hoztak létre közösségi funkciókat, gazdagítva a városi térhasználat lehetőségeit. (ábra 4.)



4. ábra

Tanszékünk aktuális kurzusainak helyszíne Tatabánya két városrésze, Felsőgalla és Bánhida.

Felsőgalla egykor önálló, gazdag, sváb település volt, ami máig megőrizte falusi karakterét. Féléves munkánk során arra keressük a választ, hogy a város területi terjeszkedését egyre gyorsító új parcellázások helyett a működő, meglévő infrastruktúrával rendelkező belső területek sűrítése miként valósítható meg.

Bánhida szintén önálló település volt amikor itt épült 1929-ben Magyarország egyik legkorszerűbb hőerőműje. A mára funkcióját veszített erőmű és hűtő mellett az egykori bányászcsaládok kis horgászstégein virágzó sportélet bontakozott ki az ipari tevékenység leállása után. Kurzusainkon a hűtő történetét, mint összetett szociológiai kultúrtörténeti örökséget és a város ipari múltjában gyökerező, majd a kiüresedő infrastruktúrán újraéledő identitást használjuk kiindulópontnak. A hely spontán belakását és használatát kiegészítő építészeti beavatkozásokat tervezünk, amelyek képesek felerősíteni a monumentális ipari háttér és a mellette kialakult emberi léptékű környezet tudatos birtokbavételét.

A tervezési feladatok eredményeként létrejövő tervek mellett a félévek legnagyobb értéke a hallgatók és oktatók, valamint az oktatók és oktatók közötti párbeszéd, melynek célja körüljárni a fenntarthatóság, a takarékoság és az arányosság fogalmát.

**Kulcsszavak:**

*Építészet, fenntarthatóság, belakás, régiúj*

**Kapcsolódó publikációk:**

*Racionális = fenntartható, Slow-life otthonok a BME Lakóépülettervezési Tanszékének másodéves kurzusán, OCTOGON 2022. október*



## 1.3 Klímainnovációs törekvések fenntarthatósági vonatkozásai

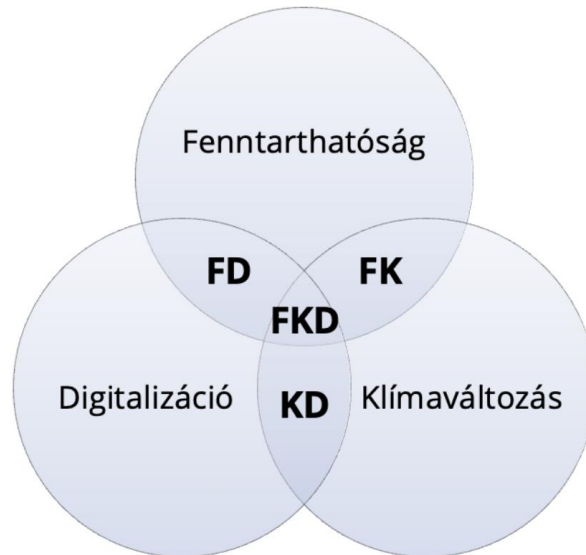
Szalmáné Csete Mária

Gazdaság- és Társadalomtudományi Kar, Környezetgazdaságtan és Fenntartható Fejlődés Tanszék

Az éghajlatváltozás korunk egyik legösszetettebb globális kihívása, melynek várható hatásaival és következményeivel kapcsolatban egyre szélesebb körű ismeretek állnak rendelkezésünkre. A kapcsolódó kihívások egyben lehetőséget is rejtenek magukban nemcsak a különféle ágazatok, hanem egyes régiók számára is leginkább a foglalkoztatás és az innovációs kapacitás tekintetében. A fenntarthatóság és a klímaváltozás összefüggései kapcsán megállapítható, hogy a klímaváltozás a fenntarthatósági átmenet megvalósításának egyik legjelentősebb veszélyeztető tényezője. A fenntarthatóság és a klímaváltozás számos ponton körkörös kapcsolatban áll egymással, vagyis a fejlődés várható iránya és jellemzői alapvetően befolyásolhatják a klímaváltozás alakulását, de az éghajlatváltozás is hatással van a fenntarthatóság felé történő elmozdulás esélyeire, akár mitigációs, akár adaptációs oldalról vizsgáljuk a kérdést.

A digitális átmenet megvalósítása és a fenntartható fejlődés előmozdítása az egyik központi eleme az európai fejlesztési politikáknak. Egy erőforrás-hatékony, zöldebb és versenyképesebb gazdaság elősegítésében egyértelműen kulcsszerepet játszanak innovációs folyamatok. Napjainkban a klímaváltozás mérséklése és a várható hatásokra való felkészülés, ill. az azokhoz való alkalmazkodás fenntarthatósági vonatkozásai mellett a digitális átmenet kihívásainak való megfelelést és annak hatásait is célszerű figyelembe venni az ágazati és térségi vizsgálatokban egyaránt.

A jelenlegi társadalmi-gazdasági és környezeti kihívások újszerű, a hagyományostól eltérő, sok esetben kreatív, inter- és multidiszciplináris látásmódot, valamint megoldásokat is megkívánnak, mely egyik lehetséges értelmezési keretrendszerét mutatja be az 1. ábra.



**1. ábra: Fenntarthatóság – digitalizáció – klímaváltozás összefüggései, forrás: Szalmáné Csete (2022)**

A klímaváltozáshoz kapcsolódó problémák megoldásának kulcsa többek között az kreatív, innovatív megoldások és vállalkozások előtérbe kerülésében, ill. a kapcsolódó javaslatok hatékony megvalósításában rejlik. A műszaki-technológiai innovációk jelentős mértékben hozzájárulhatnak a társadalmi kihívások megoldásához, de olyan negatív társadalmi externáliákkal is járhatnak, melyeket érdemes szem előtt tartani a tervezés és a megvalósítás során. Az 1. ábrán látható rövidítések, a vizsgált fogalmak összefüggései alapján az alábbi jelentéssel bírnak, melyek ágazati és térségi aspektusból egyaránt értelmezhetők:

- FD: fenntarthatóságot szolgáló digitalizációs folyamatok és fejlesztések;
- FK: fenntartható és klímaorientált folyamatok és fejlesztések;
- KD: klímaorientált digitalizációs folyamatok és fejlesztések;
- FDK: fenntarthatóságot szolgáló klímaorientált digitalizációs, klímainnovációs folyamatok és fejlesztések.

Kutatásaimban többek között arra kerestem a választ, hogy a fenntarthatóság-klímaváltozás-digitalizáció kölcsönkapcsolatait miként lehet kézzelfoghatóbbá, mérhetőbbé tenni annak érdekében, hogy a fenntarthatósági átmenethez és az alkalmazkodás hatékonyságának javításához, valamint a társadalmi kihívások megoldásához való hozzájárulásuk nyomon követhetőbbé váljon.

Az eddigi eredmények alapján megállapítható, hogy a hatékony alkalmazkodást és a várható hatásokra való felkészülést a digitális transzformáció ágazati és térségi megoldásokkal egyaránt segítheti. Egyes társadalmi csoportok sérülékenysége csökkenhet a klímainnovációknak köszönhetően. A hazai járások egyre fejlettebb digitális infrastruktúrával rendelkeznek, mely egyre hatékonyabban segíti az alkalmazkodást. A klímaorientált okos megoldások hozzájárulnak a fenntarthatósági átmenet céljainak megvalósítását.

Köszönetnyilvánítás:

Az absztraktban szereplő kutatás az MTA Bolyai János Kutatási Ösztöndíj és az Innovációs és Technológiai Minisztérium ÚNKP-22-5 kódszámú Új Nemzeti Kiválósági Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült.

#### **Kulcsszavak:**

*Fenntarthatóság; digitalizáció; klímainnováció, kihívás alapú tervezés*

#### **Kapcsolódó publikációk:**

*Szalmáné, Csete Mária (2022): A fenntartható térségfejlesztés új dimenziója: a klímaváltozáshoz való alkalmazkodás a digitalizáció korszakában In: Nemes, Nagy József; Pálné, Kovács Ilona (szerk.) A regionalizmus: az elmélettől a gyakorlatig : Illés Ivánra emlékezve 80. születésnapja alkalmából, Pécs, Magyarország : Publikon Kiadó, 273 p. pp. 99-115. , 17 p.*

*Mária, Szalmáné Csete; Orsolya, Barna (2021): Assessment of Regional Climate Innovation Potential in Hungary*

*INTERNATIONAL JOURNAL OF GLOBAL WARMING25 : 3-4 pp. 378-389. Paper: IJGW\_306287 , 12 p.*

*Biró, Kinga; Szalmáné Csete, Mária (2020): Corporate social responsibility in agribusiness: climate-related empirical findings from Hungary. ENVIRONMENT DEVELOPMENT AND SUSTAINABILITY 23, pp. 5674-5694, 21 p.*



## 1.4 Ökológiai fenntarthatóság épületeink esztétikájában

Szűcs Imre Ferenc

Építészmérnöki Kar, Exploratív Építészeti Tanszék

A tömegtermelést a fordizmus technikai alapelveit meghaladva ma már nem a standardizáció, hanem a flexibilis termelés és a marketing határozza meg (Morovánszky, 2013). Ha az épületekre úgy tekintünk, mint építőipari termékek összességére (275/2013. (VII.16.) Korm. rendelet, 2013), akkor a flexibilis és fogyasztók igényeihez igazított termelésben, a marketing és kommunikáció súlya - mint más termékek esetében - itt is jelentős.

Mi biztosítja, hogy az építészet nem fog beleesni az ökológiai kérdések elodázásába és megfelelő technikai háttér nélkül - mint más médiumoknál (Hódosy, 2019)- látszatsmegoldásokat használjon?

Ehhez stabil, követhető vízió kell, melyben az ökológiai célok erősen összefüggenek a technikai lehetőségek ismeretével. Szénre és olajra alapozott gazdaságunk működési formáit (Iturbe, 2019) felül kell vizsgálni! Az optimalizációra fókuszáló technológiai vizsgálódásainkat (Jevons, 1865) ki kell egészíteni a „konstruálás” erkölcsi és esztétikai újraértelmezésével (Lányi, 2020)! Ilyen tervezési környezetben tudatosan kell meglépnünk a formák és jövőképeink esztétikájának felülvizsgálatát (Wagner, 1896).

Az ökológiai fenntarthatóság szempontjából kulcsfontosságú kérdéskör a hiteles esztétikával megtámogatott, stabil jövőkép. Ennek kialakításával alapot teremthetünk a spekulatív, jövőkutató építészetnek. Három karakteresen elkülönülő scenáriókat dolgozok ki, melyekben megfelelő mélységében kezelve van a szereplők ökológiai fenntarthatóság szempontjából releváns motivációja, a gazdasági modell, technológiai környezet, miközben támaszkodik a sci-fi műfaj esztétikai és filozófiai háttéranyagára.



**Kulcsszavak:**

*építészet, ökológia, esztétika, identitás*

**Kapcsolódó publikációk:**

*Szűcs, Imre Ferenc (2021) Értékmentés a Naphegyen = Preserving Value on the Hill (Társasház, Buda). METSZET, 12 (2). pp. 38-43. ISSN 2061-2710*

## 1.5 Mérhető-e a regionális energiaátmenet? A fenntartható energiagazdálkodás indikátor-alapú értékelése az Európai Unióban

Dr. Pálvölgyi Tamás és Kármán-Tamus Éva (PhD hallgató)

Gazdaság- és Társadalomtudományi Kar, Környezetgazdaságtan és Fenntartható Fejlődés Tanszék

Az energia kulcsfontosságú erőforrás a fenntartható fejlődés felé vezető úton, azonban kapcsolódó társadalmi, gazdasági és környezeti hatások (pl. energiafüggőség, energiaszegénység, energiatermelékenységi deficit, üvegházhatású gázok kibocsátása stb.) jelentős akadályokat jelenthetnek. A fenntartható energiaátmenet terén mutatkozó előrehaladásnak, ennek időbeni tendenciáinak és térbeni jellegzetességeinek feltárása mind az EU-s, nemzeti és regionális energiapolitikáknak, mind a fenntartható fejlődés stratégiai eszközeinek (pl. Fenntartható Energia és Klímatervek) alapvető szakpolitikai elemzési keretét alkotja. A közelmúltban kibontakozó energiaválság problémái és a legújabb energiarendek (pl. növekvő energiaárak, európai gázhiány veszélye, regionális különbségek a megújuló energiaforrások felhasználásában) rávilágítottak a fenntartható energiaátmenet indikátor alapú monitoringjának fontosságára.

Kutatásunk során reprezentatív mutatókat dolgoztunk ki, amelyek lefedik a fenntartható energiaátmenet három dimenzióját (azaz a gazdasági és fejlesztési dimenziót, a humán és szociális dimenziót, valamint a természeti erőforrásokkal és a környezeti terhelésekkel kapcsolatos dimenziót). Az Eurostat statisztikai adatbázisai alapján indikátorok alakulását a 2007-2019 időszakra, az EU valamennyi tagállamára vizsgáltuk. Részletes szakirodalmi áttekintés után meghatároztuk az alap-indikátorkészletet, az alkalmazott tesztek azonban számos statisztikai problémát tártak fel a hiányzó értékek, a multikollinearitás, a változók normális eloszlása és a stacionaritás tekintetében. Ezeket többek között klímakorrekcióval és hiányzó adatok pótlásával javítottuk az ismételt tesztelés előtt. A folyamat végén 8 db fenntartható energiaátmenet indikátor (Sustainable Energy Transition, SET indikátor) került kiválasztásra.

A SET indikátorok mindegyike hatással van a fenntartható energiaátmenet fent említett három dimenziójára, ugyanakkor a hatás iránya (kedvező, azaz az adott dimenziót erősítő, vagy éppen kedvezőtlen) és mértéke ismeretlen. A hatásmechanizmust a SET indikátorok súlytényezőiként írtuk le, melyek

számszerű meghatározásához szakértői panel értékelésen alapuló interakciós mátrixot hoztunk létre. A SET indikátorokat és kapcsolódó hatás-mátrixot az 1. táblázatban mutatjuk be. A SET indikátorokat normalizálással dimenziómentesítettük és skála-transzformáltuk, majd a súlytényezők segítségével aggregált (kompozit) mutatókat képeztük. E mutatók egyike a fenntartható energiaátmenet index, amely 0-100 skálán jellemzi az EU tagállamok fenntartható energiagazdálkodási teljesítményét. (Hangsúlyozzuk, hogy az „egyetlen indexbe sűrités” számos lényeges folyamatot eltakarhat, szisztematikus „kiátlagolási” hibát is behozhat, ugyanakkor a térbeni különbségek és az időbeni tendenciák szakpolitikai elemzésére széleskörben igényelt és alkalmazott módszer.)

| SET indikátorok |  | Indikátorok hatásának erőssége és iránya |                      |                                     |
|-----------------|--|--|----------------------|-------------------------------------|
|                 |  | humán és társadalmi dimenzió             | gazdaság és fejlődés | természeti erőforrások és környezet |
| SET-1           | Egy főre jutó háztartási villamosenergia fogyasztás        | ++                                       | +                    | -                                   |
| SET-2           | Villamosenergia-ár   | -  | +                    | +                                   |
| SET-3           | Földgázár  | -  | +                    | +                                   |
| SET-4           | Energiaszegénységgel érintett lakosság aránya              | --                                       | -                    | -                                   |
| SET-5           | Gazdasági ágazatok energiaintenzitása                      | - 0                                      | --                   | -                                   |
| SET-6           | Energiaimport-függőség                                     | - 0                                      | --                   | - 0                                 |
| SET-7           | Fosszilis energiahordozók aránya az energiafelhasználásban | -  | - 0                  | --                                  |
| SET-8           | Feltétel nélkül megújulók aránya az energiafelhasználásban | ++                                       | +                    | ++                                  |

ahol:

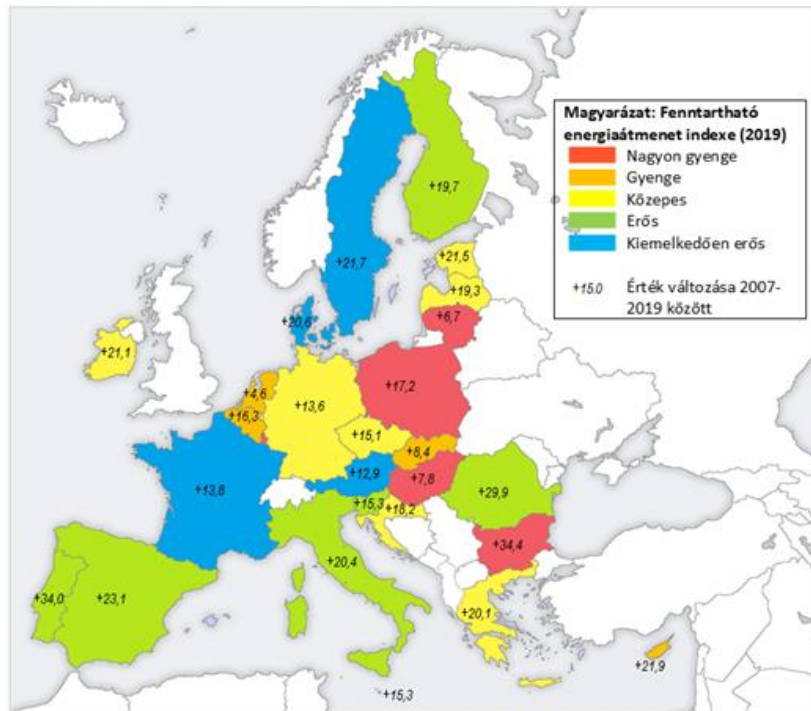
| Pontérték | Leírás   |
|-----------|--|
| ++        | a mutató pozitívan és határozottan támogatja az adott dimenzió fenntarthatósági teljesítményének javítását   |
| +         | az indikátor hatása gyengén pozitív, vagy közvetett hatása van az adott dimenzió fenntarthatósági teljesítményére  |
| - 0       | nettó nulla hatás, a mutatónak jótékony (pozitív) és kedvezőtlen (negatív) hatásai is vannak, vagy a hatás elhanyagolható az adott dimenzió fenntarthatósági teljesítményével összefüggésben |
| -         | a mutatónak enyhe vagy közvetett ellenhatása van az adott dimenzió fenntarthatósági teljesítményére  |
| --        | a beavatkozásnak közvetlen káros hatása van és gátolja az adott dimenzió fenntarthatósági teljesítményének javítását   |

### 1. táblázat

Kutatási eredményeink megerősítették, hogy a fenntartható energiaátmenet európai térszerkezete (1. ábra) nem követi jól ismert kelet-nyugati földrajzi felosztást. Négy erősen heterogén országcsoport azonosítható. Hét ország (Portugália, Románia, Spanyolország, Dánia, Írország, Olaszország, Finnország) vezető szerepet tölt be a fenntartható energiaátmenetben: a megújulók magas aránya, az alacsony energiaintenzitás és az energiaszegénység által érintett lakosság alacsony aránya jellemzik őket. A tagállamok jelentős része (Lengyelország, Belgium, Csehország, Németország, Luxemburg, Szlovákia,



Magyarország, Litvánia és Hollandia) ezzel szemben fokozatosan lemarad a fenntartható energiaátmenet megvalósításában, energiaellátásuk erősen a fosszilis, illetve import energiaforrásoktól függ, valamint viszonylag magas az energiaintenzitásuk. Bulgária és Svédország kiugró: előbbi erős konvergenciát mutat, utóbbi a legmagasabb teljesítményt nyújtja. Összességében 2007 és 2019 között valamennyi tagállam javította a teljesítményét, ezáltal az Európai Unió egésze határozott lépéseket tett a fenntartható energia átmenet felé.



1. ábra

**Kulcsszavak:**

*Fenntarthatósági teljesítmény, energiaátmenet, indikátorok, energiapolitika*

**Kapcsolódó publikációk:**

*T. Szép, T. Pálvölgyi, É. Kármán-Tamus, „Indicator-based assessment of sustainable energy performance in the European Union”, International Journal of Sustainable Energy Planning and Management Vol. 34 2022 107–124, <http://doi.org/10.54337/ij-sepm.7055>*

*T. Szép, T. Pálvölgyi, É. Kármán-Tamus, “A comprehensive indicator set for measuring the sustainable energy performance in the European Union,” in Entrepreneurship in the raw materials sector. Proceedings of the International Conference of the University of Miskolc, Faculty of Economics, Miskolc (LIMBRA), Taylor & Francis Group, 2021. DOI:10.1201/9781003259954-2*

## 1.6 Piacgazdaság és fenntarthatóság: szemfényvesztés

Gilányi Zsolt

Gazdaság- és Társadalomtudományi Kar, Környezetgazdaságtan és  
Fenntartható Fejlődés Tanszék

Úgy tűnik, hogy a szakemberek egyetértenek abban, hogy a világ jelenlegi erőforrásfelhasználása - ide értve a természeti környezetet is - fenntarthatatlan.

Az uralkodó elbeszélés szerint a fenntarthatóság sok apró lépéssel elérhető. E lépések egyrészt technológiai jellegűek – pl. energiatakarékos megoldások –, másrészt az emberek magatartását célozzák – pl. környezettudatos viselkedés.

A tények azonban azt sejtetik, hogy az uralkodó elbeszélés pontosan a lényegről nem beszél. Nevezetesen, a piaci mechanizmusok által életre hívott folyamatos technológiai fejlődés pontosan a fizikai fenntarthatóság ellenében hatott a zárt ökológiai rendszerként működő parasztgazdaságok felszámolásával. Vagyis a tények azt sejtetik, hogy fenntarthatóság szempontjából negatív irányú folyamatok gyökere nem a technológia és egyéni magatartás szintjén keresendők. A probléma rendszerszintű.

Ebben a munkában megmutatom, hogy amennyiben pozitív kapcsolatot tételezünk fel a termelés folyó árakon számolt pénzben kifejezett értéke és a fizikai felhasználás között, akkor a piacgazdaság fizikai értelemben szükségképp nem fenntartható gazdasági rendszer. Vagyis piacgazdasági keretek között a fenntarthatóságról beszélni szemfényvesztés.

Ez az eredmény úgy adódik, hogy első lépésben belátjuk, hogy minden krematiztikus gazdasági rendszer folyó árakon számolt pénzben kifejezett (nominális) növekedési kényszer alatt van, vagyis a nominális növekedés alternatívája a válság. Amennyiben pozitív kapcsolatot tételezünk fel a termelés nominális értéke és a fizikai felhasználás között, akkor a piacgazdaság fizikai értelemben is szükségképp növekvő rendszer. A fizikai valóság pedig korlátos. A krematiztikus magatartás azt jelenti, hogy a gazdasági tevékenység célja pénzköltéssel többletpénzbevitelre szert tenni. E többletpénz egy részét nyilván ugyanilyen céllal költi el a szereplő, egyébként nem volna értelme többletpénzről beszélni.

Második lépésben a piacgazdaságot több neves gondolkozót követve – pl. Max Weber – krematiztikus gazdaságként azonosítom. A modern piacgazdaságban kétféle krematiztikus szereplő is van: a magánbankok és a vállalkozások. Így a modern piacgazdaság növekedési kényszere is kettős – vagyis erősebb ahhoz az esethez képest, mint ha pénzt magánbankok nem teremthetnének.

**Kulcsszavak:**

*növekedési kényszer; fenntarthatóság lehetetlensége; túlkínálati gazdasági rendszer; krematiztiké*

**Kapcsolódó publikációk:**

*1/ Gilányi Zsolt: On the Economic Sustainability of Market Economies, In: András Bethlendi; László Vértesy (szerk.), Sustainability, innovation and finance: integration challenges, Budapest: Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Gazdaság- és Társadalomtudományi Kar, Pénzügyek tanszék, pp 30-49 (2020)*

*2/ Gilányi Zsolt: Piacgazda(g)ság: oikonomia vagy khrematistiké?, Budapest: Akadémiai Kiadó, 209 p. (2021)*

## 1.7 Fenntarthatósági szempontú életciklus értékelés (LCSA) lehetőségei a közúti közlekedésben

Biró Kinga, Szalmáné Csete Mária

Gazdaság- és Társadalomtudományi Kar, Környezetgazdaságtan és Fenntartható Fejlődés Tanszék

Az életciklus-elemzés kiemelt szerepet játszik az éghajlatváltozás mérséklését célzó fejlesztések előmozdításában. A kutatás célja egy stabil, megbízható és robusztus keretrendszer kidolgozása és működtetése a közúti közlekedési technológiák és gazdasági beavatkozások összehasonlítására a fenntarthatósági szempontú életciklus értékeléssel (LCSA).

Az életciklus-gondolkodás és az értékelési eszközök több ágazatban is jelentős szerepet játszhatnak a fenntartható és mitigáció-orientált fejlesztések előmozdításában. A közlekedés a termelési lánc részeként nem helyettesíthető és kulcsszerepet játszik a fenntarthatóság felé való átmenetben. Alapvető fontosságú hatásként fokozhatja a társadalmi-gazdasági fejlődést és a környezeti kockázatok elleni küzdelmet. Előadásunkban az OTKA-K21-138053 kutatási projektünk eddigi részeredményeit szeretnénk bemutatni. Kihangsúlyozva, hogy a közúti közlekedésben használt eltérő működtetésű hajtásmechanizmusok eltérő elhárítási határkölségekkel és eltérő életciklus költségekkel jellemezhetőek, melyek sajnos ma még transzparens módon nem kerültek internalizálásra a piaci mechanizmusokban. Kutatási kérdésünk alapját a szakirodalmi elemzés jelenti, ezért bemutatjuk az életciklus-értékelések (LCA) típusait, majd a szisztematikus irodalmi áttekintés során feltárjuk a legújabb nemzetközi LCSA (Life Cycle Sustainability Assessment) szakirodalom alakulását és az életciklus-értékelések közötti kapcsolatot (1. ábra), különös tekintettel a közlekedési ágazatra. A szisztematikus elemzés alapját a PRISMA protokoll adja.



1. ábra



Az LCA-modell tervezett kiterjesztése hozzájárulhat majd az LCSA modell-fejlesztéséhez, hogy elősegítse a fenntartható és éghajlat-orientált, robusztus és átlátható közúti közlekedésfejlesztés felé való átmenetet.

*A kutatást az OTKA - K21 - 138053 „Közúti közlekedési technológiák és beavatkozások fenntarthatósági szempontú életciklus-értékelése” c. projekt támogatásával készült.*

**Kulcsszavak:**

*Fenntarthatósági szempontú életciklus értékelés; LCSA; PRISMA protokoll; Közúti közlekedés*

**Kapcsolódó publikációk:**

*Szalmáné Csete, Mária; Biró, Kinga (2022). A FENNTARTHATÓ KÖZLEKEDÉS KLÍMAINNOVÁCIÓS VONATKOZÁSAI. In: Magyar, Logisztikai Egyesület (szerk.) Logisztikai Évkönyv 2022. Budapest, pp. 273-285.*

## 1.8 A kulturális és gazdasági fenntarthatósági pillérek érvényesülése a szerzői jogban

Dr. Tomasovszky Edit

Gazdaság- és Társadalomtudományi Kar, Üzleti Jog Tanszék

A szerzői jog területén folytatott kutatásaim során azt érzékelem, hogy a fenntarthatóság kérdései egyre hangsúlyosabban jelennek meg a kulturális iparágakban és az ezek jogi hátterét jelentő szerzői jog területén is. A három klasszikus pillér közül a gazdasági fenntarthatóság, és amellet az újabb pilléreként megjelent kulturális fenntarthatóság relevánsak a szerzői jog fenntarthatóságának vizsgálata során.

Előadásomban a szerzői jog nemzetközi, európai uniós és magyar szabályozásban megjelenő, fenntarthatóságra irányuló törekvéseit szeretném bemutatni. A szerzői jog mindenkor legfőbb célja az, hogy egyensúlyt teremtsen egyrészt a szerzők jogainak hatékony, magas szintű védelme és ezzel együtt az alkotó tevékenység ösztönzése, másrészt az információhoz, tudáshoz, szellemi alkotásokhoz, végső soron a kultúrához való minél szélesebb körű hozzáférés szempontjainak érvényesülése között, tehát az alkotók és a kulturális piacok egyéb szereplőinek érdekei között. Az egyensúlyi helyzetet mindig a társadalmi-gazdasági igények és a technikai fejlődés aktuális alakulása határozza meg. A szerzői jognak emellett (de mindezzel szoros összefüggésben) feladata, hogy a szellemi és kulturális értékeket megőrizze és biztosítsa a kultúra területére vonatkozó emberi jogok érvényesülését.

Ez az állandó egyensúlyozás hatással van a szerzői jogi szabályozás minőségének alakulására. Ennek keretében a jogalkotó választ keres a következő kérdésekre: Gyengébb vagy erősebb legyen a szerzői jogi szabályozás? Milyen felhasználási módokat kellene a szabad felhasználások körébe utalni? Mennyire szükséges tágítani a szabad felhasználások vagy a szerzői jog egyéb korlátainak körét? Milyen mértékben szükséges lebontani a tartalomáramlás akadályait a határokon átnyúló hozzáférés biztosítása érdekében? Milyen attitűdöt tanúsítson a jogi szabályozás a közkincsbe tartozó alkotásokkal szemben? Az ezekre és egyéb releváns kérdésekre adott válaszok azt is eldöntik, hogy a szerzői jogi szabályozás mennyire fog megfelelni a fenntarthatóság szempontjainak.

A szerzői jog fenntarthatóságát vizsgáló kutatásom eredményeképpen egyértelműen kirajzolódik, hogy a hozzáférési jog minél szélesebb körű biztosítása, a hagyományos kulturális kifejezések egyre erősebb védelme, a kulturális sokszínűség jelentőségének deklarálása, a szerzői jog kulturális alapjogokhoz való kapcsolása, a nemzetközi és európai uniós szintű jogharmonizációs folyamatok a szerzői jog területén egyértelműen a fenntarthatóság irányába mozdítják a szerzői jogi szabályozást, mégpedig elsősorban a kulturális fenntarthatóság (és azon keresztül az általános fenntarthatósági célok - SDG) szempontjainak érvényesülését szolgálják. (ábra 1)



1. ábra

Ugyancsak a fenntarthatóság megvalósulását segítik az alkotók méltányos díjazását (fenntartható jogdíjakat) vagy a hatékonyabb jogkezelést célzó rendelkezések. Ez utóbbiak a gazdasági fenntarthatóság fogalma körében vizsgálható megfontolások.

A fenti szempontokon túlmenően fontosnak tartom kiemelni a szerzői jog esetében a versenyképesség és a fenntarthatóság kapcsolatát. A szellemi alkotások, szellemi termékek hasznosításának folyamata komoly gazdasági vonatkozásokkal bír, konkrétan a mű felhasználásával összefüggő szerzői vagyoni jogok erős vagy gyenge volta meghatározza, hogy adott országban mennyire versenyképes a szerzői jogi szabályozás. A versenyképesség szempontjai azonban gyakran kerülnek a fenntarthatósággal összeegyeztethetetlenek tűnő helyzetbe, mivel a versenyképességre törekvés sokszor a rövid távú érdekeket, a vég nélküli növekedést tartja szem előtt, míg a fenntarthatóság alapvetően hosszú távú gondolkodást feltételez. A fenntarthatóság csak akkor valósulhat meg a szerzői jog vonatkozásában, ha a versenyképességet a fenntarthatóság keretein belül értelmezik. Ez azt jelentené, hogy a folyamatos növekedésre irányuló törekvéseket alárendelik a kulturális szempontokat is messzemenően figyelembe vevő, hosszú távra szóló fenntarthatósági koncepcióknak.

**Kulcsszavak:**

*kulturális fenntarthatóság, gazdasági fenntarthatóság, versenyképes szerzői jog, a szerzői jog egyensúlya*

**Kapcsolódó publikációk:**

*Tomasovszky, E. (2021) „Fenntarthatósági szempontok érvényesülése a szerzői jogban”, Pro Futuro, 11(1), o. 40–61. doi: 10.26521/profuturo/2021/1/9853.*



## 1.9 Humán erőforrás szerepe a vállalatok digitalizációs és fenntarthatósági törekvéseiben

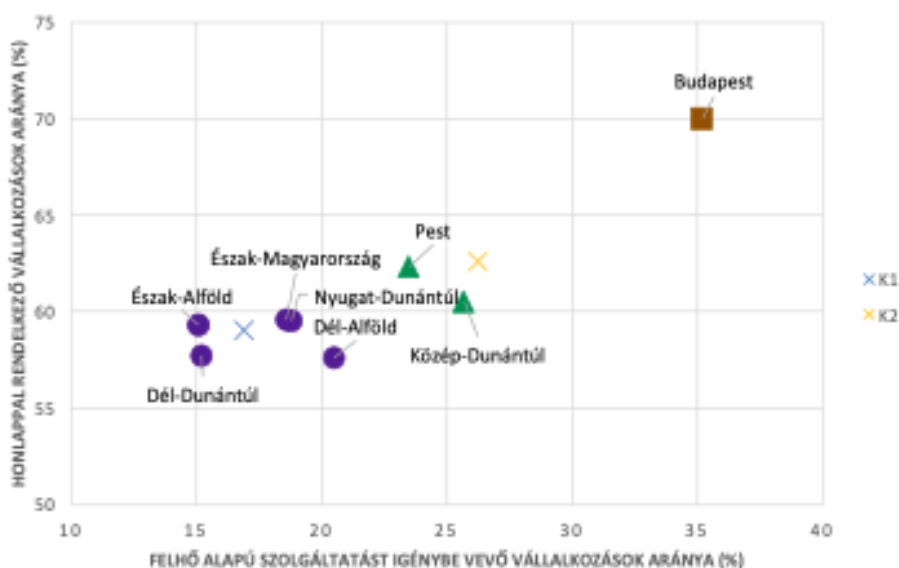
Esses Diána, Szalmáné Dr. Csete Mária

Gazdaság- és Társadalomtudományi Kar, Környezetgazdaságtan és Fenntartható Fejlődés Tanszék

A digitális világ számos lehetőséget és kihívást is tartogat számunkra. Ezen változások a fenntarthatóság minden alappilléreire is hatással vannak, a gazdaságra, a társadalomra és a környezetre is. Kiemelten érintik a vállalatokat, kihatnak a termelékenységükre és jövedelmezőségükre, így nem túlzás azt mondani, hogy manapság a gazdaság egyik mozgatórugójaként tekinthetünk a vállalatok digitális érettségére.

Kutatásunk célja a digitális érettség mutatói közül kiemelten vizsgálni a munkaerő digitális kompetenciáját, amely hipotéziseink alapján a legnagyobb hatást fejt ki a vállalkozások jövedelmezőségére. Másik fő kutatási célunk a vállalatok által alkalmazott humán erőforrás kognitív fenntartósággal kapcsolatos tevékenységének feltérképezése, majd a digitális érettség és a fenntarthatóság kapcsolatának bemutatása a humán erőforrás aspektusán keresztül.

Vizsgálatainkban sor került a vállalatok digitális érettségének, kiemelten a humán digitális készségek szerepének K módszer alapú értékelésére a termelékenységben. Összevetettük a humán erőforrás kognitív fenntarthatósággal kapcsolatos tevékenységeit, és megvizsgáltuk, ez milyen mértékben gyakorol hatást a vállalat eredményességére.



**Kulcsszavak:**

*digitalizáció, digitális érettség, humán erőforrás, fenntarthatóság*

**Kapcsolódó publikációk:**

*Esses Diána, Szalmáné Csete Mária : A digitális átalakulás és a fenntarthatósági átmenet összefüggéseinek városi szintű értékelése, Területi Statisztika (2022 megjelenés alatt)*

*Zöldy, Máté ; Szalmáné Csete, Mária ; Kolozsi, Pál Péter ; Bordás, Péter ; Török, Ádám, Cognitive Sustainability 1 : 1 pp. 1-7. , 7 p. (2022)*

*Szalmáné Csete Mária : Wake-Up Call for People and the Planet to Move Ahead with Conviction. Where to Start and Plan?, In: Das, Subhankar; Majerova, Jana; Mondal, Subhra R (szerk.) Sustainable Development and Innovation of Digital Enterprises for Living with COVID-19, Singapore, Szingapúr : Springer Nature Singapore (2022) pp. 149-159. Paper: Chapter 9 , 11 p.*

## 1.10 A prosumption jelenségének gazdasági, társadalmi és környezeti vonatkozásai

Csuvár Ádám, Zilahy Gyula

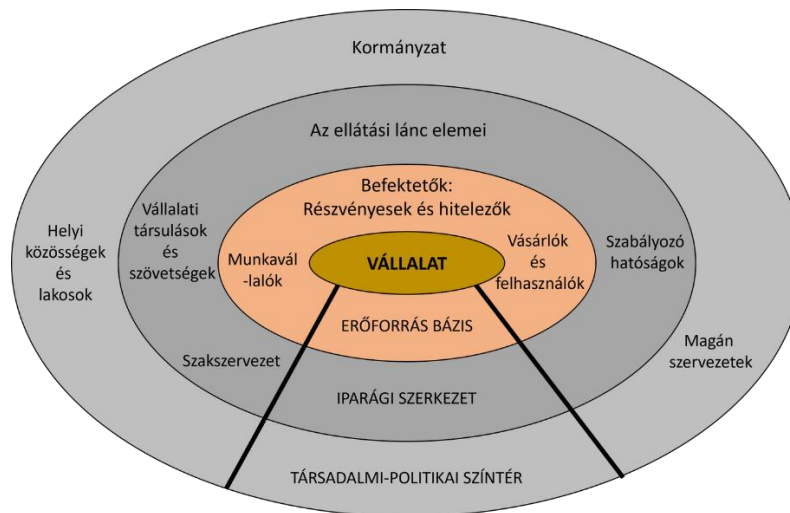
Gazdaság- és Társadalomtudományi Kar, Környezetgazdaságtan és Fenntartható Fejlődés Tanszék

A prosumption (magyarul termelve fogyasztás) jelensége – melynek során a fogyasztók termékeket és szolgáltatásokat állítanak elő saját és mások fogyasztására – korunk számos problémájára kínál megoldást. A prosumerek számára többféle előnyt is jelent ilyen irányú tevékenységük: megtakarítást, bevételt, szorosabb és jobb emberi kapcsolatokat, a kreatív tevékenységekből származó örömet stb. Hasonlóképpen, a vállalatok is pénzügyi előnyökhöz juthatnak a prosumerek által ingyenesen vagy bér ellenében biztosított munka felhasználásával.

A társadalom szempontjából a prosumption hozzájárulhat a nagyobb jogegyenlőséghez, a demokratizálódáshoz, az ökohatékonyság fokozásához, a körforgásos gazdaság megvalósításához, gazdasági előnyöket nyújthat a marginalizált régióknak. Mindennek ellenére nem magától értetődő, hogy a szereplők felismerik és kihasználják a prosumption-ben rejlő lehetőségeket. Előfordulhat, hogy a megosztásos gazdaság platformjain keresztül nyújtott szolgáltatások nem az elérhető legjobb technológiákra épülnek (pl. elavult autók, energiapazarló lakások) vagy a napelemeket telepítő háztartások az alacsonyabb költségek miatt növelik áramfogyasztásukat.

A prosumption üzleti vonatkozásainak jobb megértése érdekében stakeholder elméleti megközelítést alkalmazunk, amivel képesek lehetünk rávilágítani a fogyasztók és a termelők szerepének változásaira. Ez a megközelítés a vállalat különböző érdekeltjei által támasztott igények fontosságát hangsúlyozza a hosszú távú piaci siker érdekében. Mint gyakorlati eszközt, az üzleti modellezést használjuk a különböző érintettek egymással összefüggő tevékenységeinek megértésére.

Ezáltal azt is láthatjuk, hogy az újabb, innovatív üzleti modellek hogyan foglalják magukba, hogyan támogatják a prosumption jelenségét.



1. ábra: A vállalat érintette három dimenzió mentén (Post et al., 2002)

Post et al. (2002) leírja a vállalatok ügyfeleikkel/felhasználóikkal kapcsolatos szerepét, beleértve a következőket: jó hírnév és márkahűség kialakítása, ismételt vásárlások ösztönzése, együttműködés a problémamegoldásban, az új termékek, szolgáltatások fejlesztésében. Bár e szerepek egy része továbbra is releváns marad, a prosumption hatására az üzleti modellek változása elkerülhetetlen. A prosumerek nem csak fogyasztóként, de beszállítóként (pl. megújuló energia) és/vagy alkalmazottként is funkcionálnak (pl. hozzáféréseken alapuló (access) gazdaság). A hagyományos eszközök csak ezen érintettek egy részének kezelésére alkalmazhatók. A piaci siker érdekében a vállalatok aktívan irányítják ellátási láncukat: együttműködnek a jobb termékek és az alacsonyabb költségek érdekében. A nagyobb szervezetek esetében ezt piaci erejük is segíti. Ha azonban a hagyományos beszállítókat több ezer prosumer váltja fel, előfordulhat, hogy működésük optimalizálásának megszokott módjai már nem lesznek hatékonyak. Hasonlóan, a munkavállalók prosumerekkel való helyettesítése számos előnnyel járhat, de csökkentheti a vállalatok munkaerő feletti kontrollját is. A prosumption hozzájárul új érintettek megjelenéséhez is, amit tudatos menedzsmenttel és más hagyományos érintettek, például közösségek és szabályozó hatóságok szerepének megváltoztatásával szükséges kezelni.

Ellentétben a technológiai innovációval, ahol a nagy, bejáratott szervezetek előnyhöz juthatnak jelentős K+F infrastruktúrájuk és rendelkezésre álló erőforrásaik miatt, hátrányba kerülhetnek, amikor az üzleti modell innovációja válik szükségessé.

Elemzésünk során a prosumption két tipikus területét vizsgáltuk, nevezetesen a megújuló erőforrásokat hasznosító kiserőműveket és a megosztáson alapuló gazdaságot.

Kimutattuk, hogy a stakeholder megközelítés hasznos hozzájárulás lehet a menedzsmenttudomány e viszonylag új területéhez, annak érdekében, hogy jobban megérthessük a prosumption üzleti működést befolyásoló szerepét.

**Kulcsszavak:**

*prosumption, üzleti modell, megújuló energia, megosztásos gazdaság*

**Kapcsolódó publikációk:**

*Zilahy, Gyula (2016) Sustainable Business Models – What Do Management Theories Say? Vezetéstudomány - Budapest Management Review, 47 (10). pp. 62-72. DOI 10.14267/VEZTUD.2016.10.06*





M Ű E G Y E T E M 1 7 8 2

# 2.0 FENNTARTHATÓ ENERGETIKA

## **2.1 Épületekre telepített napelemes rendszerek termelésének helybeni felhasználásának maximalizálása épületgépészeti rendszerek segítségével**

Dr. Horváth Miklós

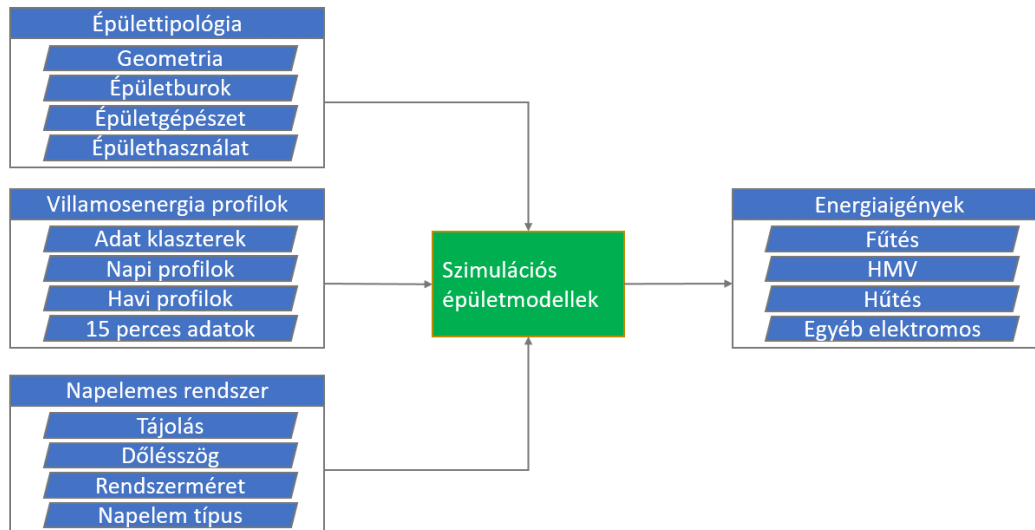
Gépészmérnöki Kar, Épületgépészeti és Gépészeti Eljárástechnika Tanszék

Az elmúlt években a napelemes rendszerek térnyerése a hazánkban és a világon is exponenciális ütemben nőtt köszönhetően a napelemek technológiai fejlődésének és a beruházási költségek jelentős csökkenésének.

A napelemes rendszerek nagymértékű elterjedése azonban nagy terhet jelent a villamosenergia hálózatra, mivel a termelésük nem szabályozható, ezért a villamosenergia-hálózatban lévő termelési-fogyasztási egyensúly fenntartása érdekében nagymértékű napelemes termeléskor alaperóműveket szükséges lehet visszaszabályozni, illetve a napelemek termelési völgyeiben (éjszaka és a téli időszakban) többlet kapacitást kell biztosítani. Ennek okán az eddigi szaldós elszámolás hazánkban is kivezetésre kerül 2024. január 1-től és a helyét átveszi a bruttó elszámolás.

A szaldó elszámolásnál lévő kedvező gazdasági feltételek mellett napelemes tárolók beépítésére nem voltak ösztönözve a rendszereket telepítők, azonban a bruttó elszámolás megjelenésével mind az akkumulátoros energiatárolás lehetősége, mind pedig az úgynevezett Demand Side Management, azaz a fogyasztó oldali befolyásolás jelentősége meghatározó lesz, mivel ezáltal a napelemes rendszer termelési idejére áthelyezhető a villamosenergia-igény egy bizonyos része.

A kutatás során megvizsgáltam, hogy a lakóépületekre telepített napelemes rendszereknél épületgépészeti rendszerek segítségével milyen mértékben növelhető a termelt villamosenergia helybeni felhasználása. A vizsgálatok és a főbb bemenő paramétereit és folyamatát az alábbi ábra szemlélteti:



**1. ábra: napelemes rendszerek és épületek modellezésének bemenő adatai és eredményei**

A kutatás során első lépésként az épületek modellezésével és a hozzá tartozó adatbázis összeállításával foglalkoztam. Az épületmodellek elkészítéséhez a hazai épületállomány típusépületeit használtam fel, amely tartalmazza az épületek főbb befoglaló méreteit, valamint a határoló szerkezetek főbb tulajdonságait. A felhasználói szokások modellezésénél figyelembe vettem a szimulációs programba beépített menetrendeket (jelenlét, fűtéseszköztartás időtartama stb.), a vonatkozó szabványokat, egyéb megfontolásokat, valamint az OTKA K 128199 számú projektben meghatározott lakossági villamosenergia profilokat is, amely alapján a szimulációs folyamatban az épületet nettó energiaigényei meghatározhatók.

Második lépésként a vizsgálat céljának megfelelően különböző épületgépészeti rendszereket definiáltam, melyekkel lehetőség van nagyobb mértékben felhasználni a termelt villamosenergiát. Alapesetben csak az igényeknek megfelelő hőtermelés valósul meg, míg okos szabályozással a napelemes termeléshez lehet igazítani a hőtárolókat, mely praktikusán a puffertárolók hőmérsékletének emelését, illetve az épülettömeg temperálását jelenti, mellyel növelhető a tárolók kapacitása.

Napelemes rendszerek modellezésénél két fontos paramétert határoztam meg a napelemek karakterisztikáján kívül. Az egyik a napelemes rendszer mérete a másik fontos paraméter a napelemes rendszer tájolása. A vizsgálatok során csak a napelemes rendszerek szempontjából releváns tájolásokat vizsgáltam, amely a praktikusán a Kelet-Nyugat égtáj közötti tájolásokat jelenti. A napelemes rendszerek értékeléséhez alapvetően két, az irodalomban is széleskörűen használt indikátort használtam, melyek az önfogyasztás és az önellátás. Az önfogyasztás azt fejezi ki, hogy a termelt villamosenergia mekkora hányadát használjuk fel az épületben, az önellátás pedig azt, hogy mekkora részben fedezi a termelt villamosenergia az épület energiaigényét.

**Kulcsszavak:**

*épületszimuláció, villamosenergia fogyasztás napelemes rendszer, Demand Side Management*

**Kapcsolódó publikációk:**

*Gergely, László Zsolt ; Csoknyai, Tamás ; Horváth, Miklós*

*Novel load matching indicators for photovoltaic system sizing and evaluation*

*APPLIED ENERGY 327 Paper: 120123 , 10 p. (2022) (IF=11,446)*

*Szalay, Zsuzsa ; Szagri, Dóra ; Bihari, Ádám ; Nagy, Balázs ; Kiss, Benedek ; Horváth, Miklós ✉ ; Medgyasszay, Péter Development of a life cycle net zero carbon compact house concept ENERGY REPORTS 8 pp. 12987-13013. , 27 p. (2022) (IF=4,937)*

## 2.2 Épületszerkezetek higrotermikus modellezésen alapuló energetikai és állagvédelmi értékelése

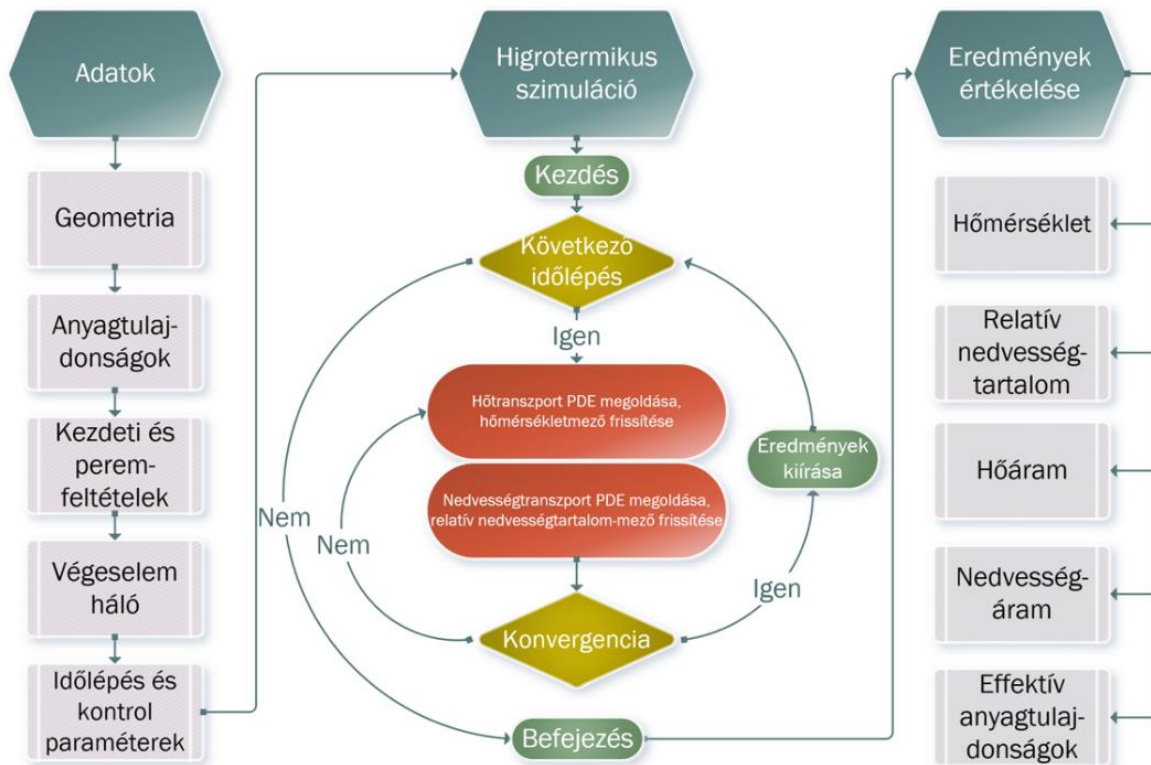
Dr. Nagy Balázs

Építőmérnöki Kar, Építőanyagok és Magasépítés Tanszék

Épületeink energiaigényének mérsékléséhez, a műemléki és modern épületek vizsgálatához és az épülettechnikai rendszerek méretezéséhez is fontos az épületszerkezetek energetikai teljesítőképességének lehető legpontosabb megismerése. Épületeink hőveszteségeinek és hőnyereségeinek meghatározására a régebben alkalmazott ökölszabályok, több évtizedes szabványok és egyszerűsített számítási eljárások számos pontatlansággal járhatnak, több esetben nem vesznek figyelembe olyan fizikai folyamatokat, melyek elhanyagolása állagvédelmi nemmegfelelőséget okozhat egy felújított vagy új építésű épület esetében. Ezért fontos, hogy a 21. századi tervezők az energetikai követelmények szigorodása miatt is, valamint a nedvességtechnikai-állagvédelmi problémák elkerülése érdekében olyan számítási, illetve szimulációs módszereket alkalmazzanak az épületszerkezetek és épületeink épületfizikai és energetikai vizsgálata során.

A higrotermikus modellezés során nem csupán az anyagok, épületelemek és épületszerkezetek hőtechnikai viselkedését vagyunk képesek figyelembe venni konstans anyagtulajdonságokkal és peremfeltételekkel, de a valóságot jobban közelítő kapcsolt hő- és nedvességtranszport modellezésen alapuló, az anyagtulajdonságokat és peremfeltételeket dinamikusan változtatni képes idő- és környezetfüggő szimulációkat tudunk létrehozni (lásd 1. ábra).

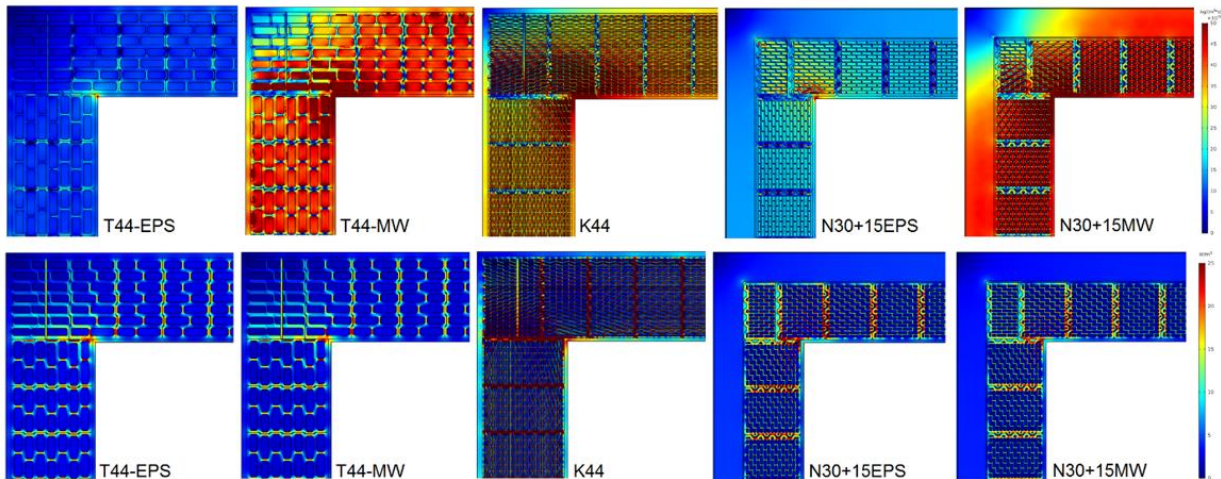




1. ábra

Az utóbbi években publikált kutatásaim során épületelemek és épületszerkezeti kialakításokat vizsgáltam higrotermikus szimuláció alkalmazásával, többek között többféle modern falazóblokkból és hagyományos falazóblokkból készült, kiegészítő hőszigeteléssel ellátott szerkezeteket is. A szimulációk alapján megállapítható az épületszerkezetek energetikai viselkedése, a szerkezetek nedvességtechnikai-állagvédelmi megfelelősége, az épületszerkezeteken belüli hőhidak, illetve nedvességhidak kialakulása (lásd 2. ábra), valamint egyéb higrotermikus és állagvédelmileg releváns vizsgálatok is végezhetők.

Meghatározhatjuk a valósághoz közeli hőszigetelőképességét a szerkezeteknek, melyek minden esetben a beépítés során fellépő hőmérsékleti és nedvességállapotoktól is függenek. Mindezen vizsgálatokat nem csupán hazai éghajlatra, de portugál és finn éghajlatra is elvégeztem, ezáltal pedig az Európán belüli klimatikus viszonyok változékonyságát is vizsgáltam, és megállapítottam, hogy az épületszerkezetek hőátbocsátási tényezője és teljesítőképesége jelentősen függ az éghajlattól és a tájolástól is, tehát az épületszerkezetre jutó meteorológiai hatásoktól (pl. napsugárzás, csapóeső, stb.). A szimulációk továbbá fontos információt tudnak nyújtani az építőelemeink várható élettartamáról is, mivel modellezni tudjuk többek között az épületszerkezetekben fellépő fagyás-olvadási ciklusok számát is.



2. ábra

A higrotermikus szimulációk alkalmazása az épületelemeink tervezése, épületszerkezeteink vizsgálata, valamint épületeink energetikai számításai során olyan lehetőséget nyújtanak, mely segítségével az energiaigények pontosabban becsülhetők, valamint az épületeink élettartama a tervezés során pontosabban modellezhető, elkerülve az állagvédelmi problémákat.

**Kulcsszavak:**

*Épületenergetika, épületfizika, épületszerkezetek, hőhidak, higrotermikus szimuláció*

**Kapcsolódó publikációk:**

*Nagy, Balázs: Designing insulation filled masonry blocks against hygrothermal deterioration, ENGINEERING FAILURE ANALYSIS 103, 2019, pp. 144-157.*

*Nagy, Balázs Stocker, György: Numerical Analysis of Thermal and Moisture Bridges in Insulation Filled Masonry Walls and Corner Joints, PERIODICA POLYTECHNICA-CIVIL ENGINEERING 63(2), 2019, pp. 446-455.*

## 2.3 Okos technológiákkal és fenntarthatósággal az energiafüggetlenség és dekarbonizációs célok felé

Dr. Harmathy Norbert

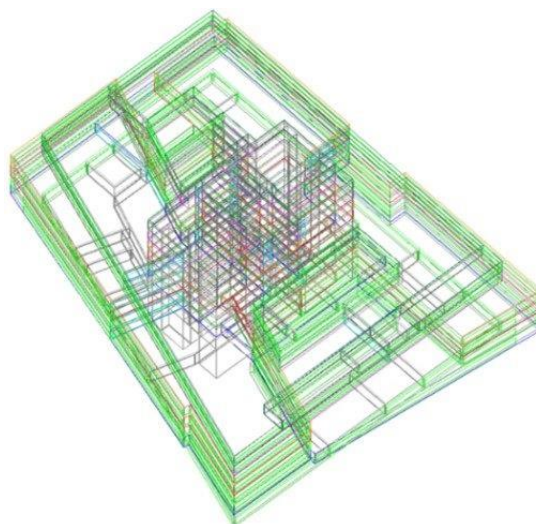
Építésmérnöki Kar, Épületenergetikai és Épületgépészeti Tanszék, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

A biztonságos energiaellátás és energiafüggetlenség kiemelkedően jelentős szerepet kapott az Európai Unióban. Az EU hosszútávú energiaellátási és karboncsökkentési célkitűzései jelen esetben még nagyobb hangsúlyt kaptak, miszerint az energiaellátási lánc, amely tartalmazza mind a energiatermelést és az épületállomány korszerűsítését gyors és hatékony intézkedéseket igényel.

Magyarországon jelenleg a közel-nulla energiahatékonysági követelményszint van hatályban. Új épület építése esetén a tervezési programban és az építészeti-műszaki dokumentációban vizsgálni és rögzíteni kell a műszaki, környezetvédelmi és gazdasági szempontból az alternatív energetikai rendszerek alkalmazásának lehetőségét. Meglévő épületek jelentős felújítása esetén az építészeti-műszaki tervdokumentációban úgyszintén vizsgálni kell a nagy hatékonyságú alternatív rendszerek alkalmazásának lehetőségét.

Az FIKP és TKP projektek keretein belül energiahatékony, okos, gazdaságos és alacsony karbonlábnyomú épületek fejlesztésén dolgozunk. Az biztonságos energiaellátás a hatékony és irányított energiaellátásra épül, amelynek az alapja az energiaigények csökkentése és az épületek tudatos üzemeltetése. E kutatás elősegíti a digitalizáció bevezetését az épületüzemeltetésbe és az energiaellátó hálózat tudatos irányításába, amely a jövő város biztonságos működését, kockázatmentes energiaellátását, valamint klímatudatos tervezését és hosszútávú fejlődését támogatja.

A bemutatott új építésű, nemzetközi LEED Gold szintű, környezettudatosági minősítéssel rendelkező irodaépület (1. ábra, Irodaház fejlesztő Wing Zrt.) egy megvalósult komplex fenntarthatósági szemléletet mutat be, amelyben az energiahatékonyság, fenntarthatóság, vízfogyasztás, bevilágítás, hőkomfort és az okos technológiák együttes alkalmazása képes egy kiemelkedő teljesítmény biztosítására. A magas energiahatékonyság megfelelő hőtechnikai karakterisztikákkal, illetve hatékony épületgépészeti rendszerekkel érhető el, azonban az intelligens vezérlésnek is kiemelt szerepe van az energiafogyasztás csökkentésében.



1. ábra

A kutatás egy irodaház kétéves tervezési és kivitelezési folyamatát követi le, ahol az intelligens technológiák alkalmazása és a LEED zöld épület minősítés megszerzése beruházói döntés volt. A fő célkitűzés egy korszerű és zöld irodaház-komplexum megvalósítása, amely az intelligens épületmegoldások alkalmazásával magasszintű energiahatékonyságot eredményez egy ASHRAE Benchmark irodaházhoz viszonyítva. A kutatás az épület megvalósulásáig lekövette és folyamatosan felülvizsgálta a tervezési, hatékonysági és beruházási döntéshozatalt. A megvalósult épület hatékonysága 42%-os energiamegtakarítást és 34%-os üzemeltetési költségmegtakarítást eredményezett az „ASHRAE 90.1 Appendix G” benchmark épülethez viszonyítva. (1. táblázat, Energia- és költségmegtakarítás)

| Energia      | ASHRAE Benchmark         |                      |              | Tervezett                |                      |              | Megtakarítás       |         |
|--------------|--------------------------|----------------------|--------------|--------------------------|----------------------|--------------|--------------------|---------|
|              | Energia-fogyasztás [kWh] | Primer energia [kWh] | Költség [\$] | Energia-fogyasztás [kWh] | Primer energia [kWh] | Költség [\$] | Energia-fogyasztás | Költség |
| Elektromos   | 5 839                    | 14 597               | 537 225      | 4 823                    | 12 057               | 443 722      | 17.4%              | 17.4%   |
| Távhő        | 2 883                    | 3 632                | 161 464      | 217                      | 273                  | 12 192       | 92.4%              | 92.4%   |
| Mindösszesen | 8 722                    | 18 229               | 698 689      | 5 040                    | 12 330               | 455 914      | 42.2%              | 34.7%   |

1. táblázat – Energiafogyasztás és költségmegtakarítás

**Kulcsszavak:**

*Energiahatékonyság, okos technológiák, fenntarthatóság, közel-nulla követelményszint*

**Kapcsolódó publikációk:**

*Harmathy Norbert, Analysis of smart building solutions for optimizing the energy performance in a new commercial building, Thermal Science 2022 Volume 26, Issue 4 Part A, Pages: 3119-3132, <https://doi.org/10.2298/TSCI210410308H>*

*Harmathy Norbert, Investigation of decarbonization potential in green building design to accelerate the utilization of renewable energy sources, Thermal Science 2021 Volume 25, Issue 6 Part A, Pages: 4269-4282, <https://doi.org/10.2298/TSCI200324195H>*

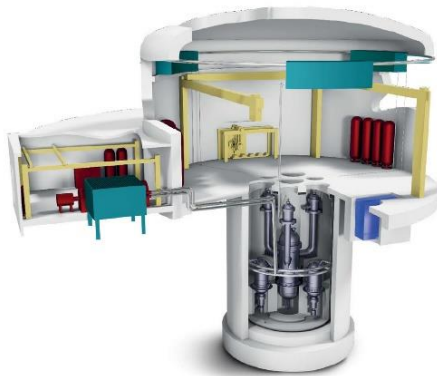


## 2.4 A Nukleáris Technikai Intézetben zajló IV. generációs atomerőmű kutatások a fenntarthatóság nevében

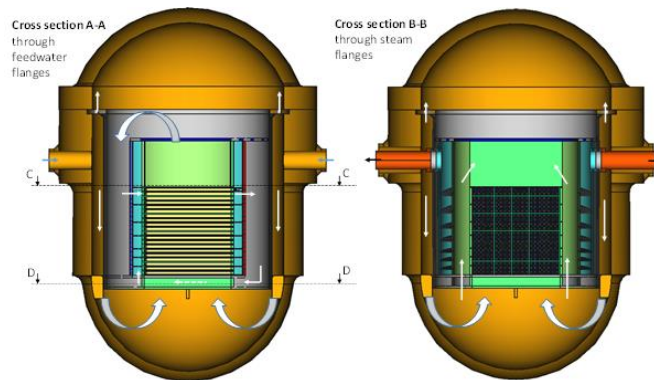
Orosz Gergely Imre

Természettudományi Kar, Nukleáris Technikai Intézet

A klímaváltozás ténye jelen korunkban már vitathatatlan. A kérdés pedig adódik, hogy hogyan lehetne megállítani, esetleg visszafordítani azt. Az energetika az egyik legnagyobb szén-dioxid kibocsájtó ágazat, melynek dekarbonizációja nélkül nem lehetséges a klímakatasztrófát elkerülni. A nukleáris energia az egyik olyan energiaforrásunk, mely a megújuló energiaforrások mellett képes tiszta és szén-dioxid mentes villamos energia előállítására. Az atomerőművek megbízhatóan, biztonságosan, és ami legfontosabb, folyamatosan képesek árammal ellátni a fogyasztókat. Emiatt, ezen erőművek nélkül, nehezen elképzelhető egy pozitív jövőkép.



1. ábra



2. ábra

Habár a nukleáris erőművek üzemanyagául szolgáló urán a legnagyobb fajlagos fűtőértékkel rendelkezik, sajnos a földön található készleteink nem kifogyhatatlanok. Szükséges a jelenlegi nyílt üzemanyag láncot zárni, ezzel fenntarthatóvá tenni a hosszútávú üzemanyag ellátást. Az üzemanyag ciklus zárásához új, innovatív reaktortípusokra van szükség. Ezen reaktortípusokat soroljuk a IV. generációs reaktorok közé. Ezen IV. generációs reaktorok sok esetben egzotikusnak tekinthető hűtőközegekkel üzemelnek, mint például folyékony nátrium, hélium gáz, vagy szuperkritikus nyomású víz (SCW).

A Nukleáris Technikai Intézet jelenleg intenzíven részt vesz az ALLEGRO gázhűtésű reaktor (1. ábra) és az ECC-SMART projekt keretében az SCW-SMR szuperkritikus nyomású vízzel hűtött kis moduláris reaktor (2. ábra) nemzetközi kutatásaiban. Az előadás célja röviden ismertetni a fent említett két egzotikusnak tekinthető reaktortípusokhoz kapcsolódó kutatási eredményeinket.

**Kulcsszavak:**

*Negyedik generációs nukleáris reaktorok, Nukleáris termohidraulika, ALLEGRO gáz-hűtésű reaktor, SCW-SMR szuperkritikus nyomású vízzel hűtött kis moduláris reaktor*

**Kapcsolódó publikációk:**

*G. I. Orosz, S. Tóth and A. Aszódi, Detailed thermal modelling of the ALLEGRO ceramic assembly, Nuclear Engineering and Design, 2021(376).*

*G. I. Orosz and S. Tóth, Thermal hydraulic investigations of ALLEGRO ceramic fuel assemblies, Annals of Nuclear Energy, pp. 570-580, 2018(120).*

*G. I. Orosz, S. Tóth and A. Aszódi, Simulations for L-STAR experimental gas-cooled system, Kerntechnik, pp. 326-335, 2020(85).*

*G. I. Orosz and A. Aszódi, CFD modelling of mixing vane spacer grids for ALLEGRO relevant gas cooled reactor fuel geometry, Annals of Nuclear Energy, 2021(164).*

*G. I. Orosz, B. Magyar, D. Szerbák, D. Kacz and A. Aszódi, ALLEGRO Gas Cooled Fast Reactor Rod Bundle Investigations with CFD and PIV Method (Preprint), Nuclear Engineering and Design, 2022.*

*A. Kiss, B. Mervay, Numerical analysis on the thermal hydraulic effect of wrapped wire spacer in a four rod fuel bundle, Nuclear Engineering and Design, 2019.*

*T. Schulenberg and I. Otic, suggestion for design of a small modular SCWR, 10th International Symposium on SCWRs (ISSCWR-10), Prague, the Czech Republic, March 15-19, 2021.*

## 2.5 Ritkaföldfém-mentes villamos forgógépek tervezési módszereinek kutatása

Horváth Sándor Rajmund

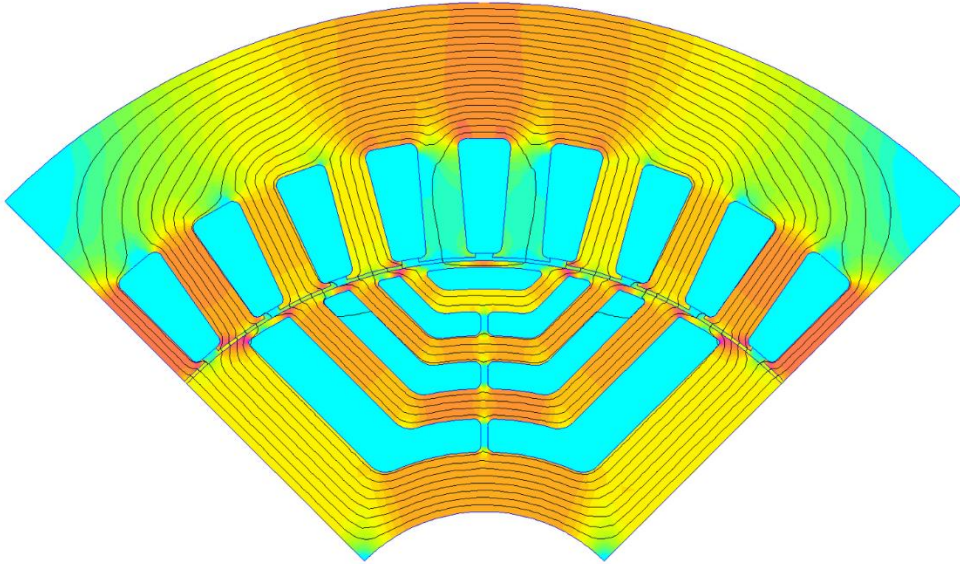
Villamosmérnöki és Informatikai Kar, Villamos Energetika Tanszék

Napjaink energiaalapú társadalmának fenntartható és környezetbarát működéséhez kulcsfontosságú kérdéssé vált a magas hatásfokú villamos berendezések folyamatos fejlesztése. Az elektromágneses elven működő forgógépek megkerülhetetlen szereplői az e-mobilitás rohamos térnyerésének, illetve a tágabb értelemben vett ipari alkalmazásoknak. A gazdaságos üzemeltetést biztosító magas hatásfokú, valamint a térfogatra/tömegre vetítve magas nyomatéksűrűségű alternatívákat a váltakozó áramú, szigorúbban véve a forgómezős gépek között találhatjuk. A villamosgép-tudomány mai ismeretei szerint a kiemelkedő üzemi tulajdonságok és fajlagos mérőszámok eléréséhez min. 40...50 MGOe energiasűrűségű mágnesestömbök felhasználására van szükség, a tekercselt állórészt tipikusan beágyazott vagy felületszerelt állandómágneses forgórészrel párosítják.

A gondos multidiszciplináris tervezést követően az anyagbeszerzési, gyártási, technológiai, karbantartási vonatkozások fenntarthatóságának vizsgálatakor már nemcsak gazdasági, hanem stratégiai szempontokat is figyelembe kell vennünk. A ritkaföldfém-mágnesek előállításához szükséges nyersanyag, jellemzően neodímium (Nd), diszprózium (Dy) és terbium (Tb) földrajzilag meglehetősen koncentrált formában érhető el, a globális kitermelés jelentős része Kína területén történik.

Klasszikus értelemben ritkaföldfém-mentesnek tekinthető minden tekercselt forgórészrel rendelkező alaptípus, legelterjedtebb képviselője a kalickás forgórészű aszinkron gép. Tágabb kitekintéssel élve potenciális alternatívaként kell megemlítenünk a tisztán reluktancia elvű szinkron gépet (SynRM), valamint az olyan állandómágnessel támogatott szinkron reluktancia gépet (PMSynRM), amely a kedvezőbb fajlagos kihasználási mérőszámok és magasabb hatásfok eléréséhez pl. ferritmágneseket tartalmaz. Az abszolút értelemben, tehát a konkurens topológiákkal való versenyképesség eléréséhez az elektromágneses tervezési folyamatba fejlett 2D és 3D térszámítási módszereket szükséges integrálni, amelyek szakszerűen alkalmazva belátható számítási idő mellett kellő pontosságú eredményt szolgáltatnak.

Az 1. ábra egy szinkron reluktancia gép numerikus térszámítással előállított, kétdimenziós erővonalképét szemlélteti az üresjárás állapotában. A térszámítási feladatokat nagyfokú automatizáltsággal végezzük, az analízis témájának leginkább megfelelő szimulációs platformon.



1. ábra

A Villamos Művek és Energiaátalakítók Csoport (VME) kutatási tevékenységének szerves részét képezi a klasszikus géptípusok, valamint az állandómágneses és a mágnesmentes topológiák koncepcionális, megvalósíthatósági, tervezési kérdéseinek vizsgálata. A ritkaföldfém-mágnesekkel kapcsolatos fenntarthatósági kockázatokat felismerve kiemelt figyelmet fordítunk az alternatív topológiák számítási módszereinek kidolgozására.

### **Kulcsszavak:**

*motortervezés, szinkron reluktancia motor, elektromágneses térszámítás, PMSynRM*

### **Kapcsolódó publikációk:**

*Nyitrai Attila, Szabó Gergely, Horváth Sándor R.: Parameter Determination and Drive Control Analysis of Axial Flux Permanent Magnet Synchronous Motors, PERIODICA POLYTECHNICA-ELECTRICAL ENGINEERING AND COMPUTER SCIENCE ONLINE-FIRST: 10.3311/PPee.19714*

*Szabó Gergely, Horváth Sándor, Számel László, Veszprémi Károly: Coupled Transient Analysis of Asynchronous Machine Drives, In: Temesvári, Zsolt (szerk.) XXXV. Jubileumi Kandó Konferencia 2019, Óbudai Egyetem, Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar (2020) pp. 76-83.*

*Nyitrai Attila, Szabo Gergely, Horvath Sandor, Vajda Istvan: Multiphysics Analysis of Automotive PMSynRM, In: IEEE (szerk.) 2019 International IEEE Conference and Workshop in Óbuda on Electrical and Power Engineering (CANDO-EPE), IEEE (2019) pp. 67-72.*



## 2.6 Új hálózati megoldások a megújuló villamosenergia részarányának növelésére

Raisz Dávid, PhD

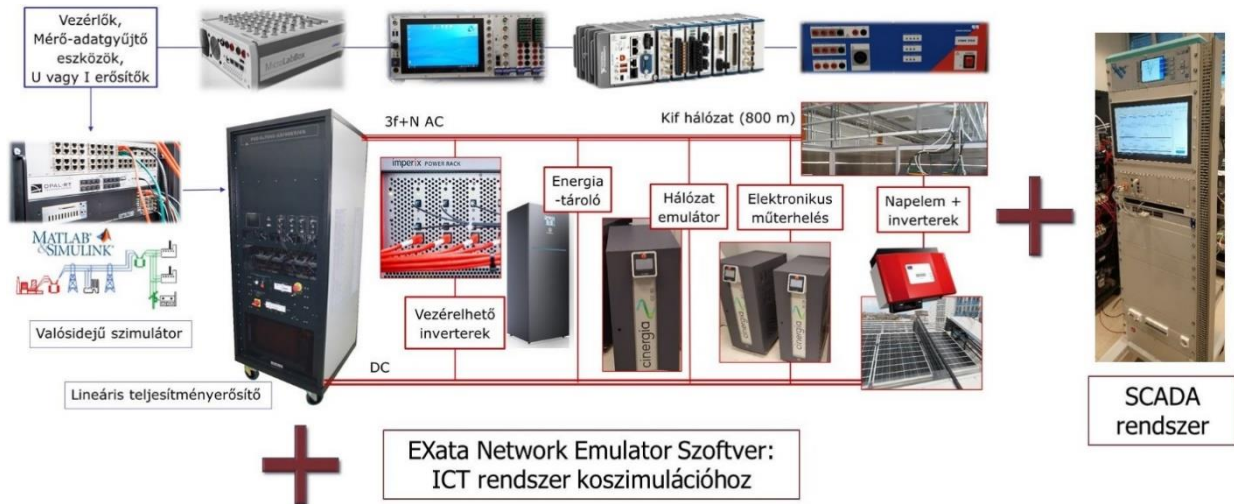
Villamosmérnöki és Informatikai Kar, Villamos Energetika Tanszék

A villamos energetika legégetőbb problémái között tartjuk számon a villamosenergia-rendszer és az elosztóhálózatok megújuló energiaforrásokra értelmezett befogadóképességének korlátait. A két legfőbb kihívás:

- a hatásos teljesítmény-egyensúly fenntartása névleges frekvencián, vagyis a termelés és a fogyasztás szabályozása, ami rendszerszintű feladat, valamint
- az elosztóhálózatokon a feszültség névleges körüli értéken tartása, ami lokális feladat.

Az előadás során bemutatjuk azokat a lehetőségeket, amelyeknek fejlesztése jelenleg is zajlik a Smart Power Laboratóriumban:

- napelemes inverterek szabályozására épülő megoldások, feszültség szabályozás vagy mesterséges inercia megvalósítására
- dedikált teljesítményelektronikai eszközök a hálózat szabályozásában (FACDS eszközök és alkalmazásaik)
- új piaci megoldások az elosztóhálózati rugalmassági képességek ösztönzésére.



Fentiekén túlmenően bemutatunk olyan, teljesen újszerű megoldási lehetőségeket, amelyek jelenleg még kutatási fázisban vannak, és amelyek a villamosenergia-rendszer évtizedek óta elfogadott alapvetéseit helyezik új megvilágításba, pl.

- DC elosztás: közép és kiefeszültségű DC ill. hibrid AC/DC hálózatok és ezek kiszolgálása pl. Smart Transformer eszközzel,
- Többfrekvenciás csomagalapú energiatovábbítás.

Ez a rendkívül izgalmas, folyamatosan változó szektor új szemléletet, innovatív termékeket és szolgáltatásokat igényel. Ezek gyors kifejlesztése, valós üzemi körülmények közötti tesztelése és a változó kihívásokhoz való adaptálása kulcsfontosságú a versenyképesség szempontjából. Ebben segíti partnereit a Smart Power Laboratórium csapata és korszerű eszközzel rendelkező eszközzel, amelynek működésébe az előadás hallgatói szintén bepillantást nyerhetnek.



### **Kulcsszavak:**

*Smart Grid, Megújuló energiaforrások, Innovatív hálózati eszközök, Piacszabályozás*

### **Kapcsolódó publikációk:**

*Ali Abdelfatah, Mahmoud Karar, Raisz David, Lehtonen Matti: Probabilistic Approach for Hosting High PV Penetration in Distribution Systems via Optimal Oversized Inverter With Watt-Var Functions, IEEE SYSTEMS JOURNAL 15 : 1 pp. 684-693. , 10 p. (2021)*

*Divényi Dániel, Polgári Beáta, Sleisz Ádám, Sörös Péter, Raisz Dávid: Investigating minimum income condition orders on European power exchanges: Controversial properties and enhancement proposals, APPLIED ENERGY 281 p. 116070 Paper: 116070 (2021)*

*Tran Trung Thai, Sowa Igor, Raisz David, Monti Antonello: An average consensus-based power-sharing among VOC-based distributed generations in multi-bus islanded microgrids, IET GENERATION TRANSMISSION & DISTRIBUTION 15 : 4 pp. 792-807. , 16 p. (2021)*

*Athari Hamed, Raisz David: Three-phase multi-frequency energy transfer system for realizing the energy internet*

*In: 7th International Energy Conference (ENERGYCON 2022) (2022)*

*Angyal István, Arató György, Bakos Béla, Baranya Zsolt, Bocsok Viktor, Bogáncs Tamás János, Bonnyai Tünde, Buttyán Levente, Csatár János, Danyek Miklós, Deák Veronika, Görgey Péter, Gyebnár Gergő, Illés Gábor, Krasznay Csaba, Molnár Ferenc, Pongrácz Péter, Szabó-Nyakas Zsolt Csaba, Szádeczky Tamás, Szent-Királyi Balázs, Winter Gábor: Villamosenergetikai ipari felügyeleti rendszerek kiberbiztonsági kézikönyve, Budapest, Magyarország : Nemzetbiztonsági Szakszolgálat Nemzeti Kibervédelmi Intézet (2020) , 241 p.*

## 2.7 Az elosztott energiatermelés hatása a kisfeszültségű kábelhálózatok élettartamára

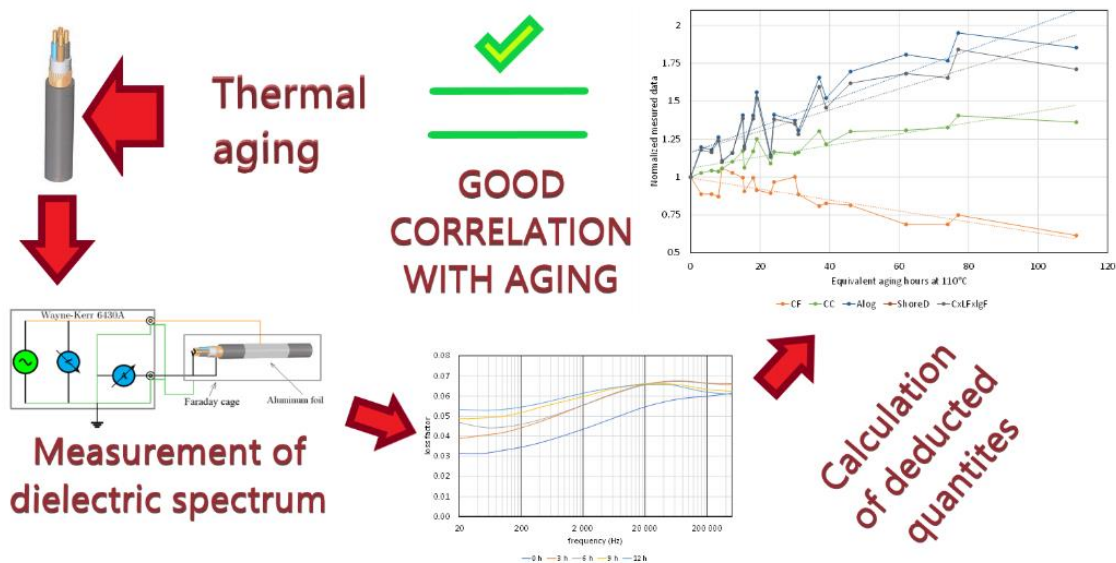
Tamus Zoltán Ádám

Villamosmérnöki és Informatikai Kar, Villamos Energetika Tanszék

A Nemzeti Energiastratégiának megfelelően a villamosenergia-termelés dekarbonizációjának egyik alapja a beépített fotovoltaikus kapacitás radikális növelése. A megújulókat részarányának növekedésével nagyszámú háztartási méretű decentralizált megújuló egység fog várhatóan megjelenni.

A korábbi tanulmányok főként a közép- és nagyfeszültségű kábelhálózatok elosztott termelés miatti túlterhelésére összpontosítottak. Nem foglalkoztak a kisfeszültségű kábelhálózatok ismétlődő termikus túlterhelésének hatásaival, miközben a háztartási méretű megújuló energiaforrások erre a hálózatra csatlakoznak. A kisfeszültségű elosztókábeleket évtizedekkel ezelőtt telepítették, és nem voltak felkészítve az villamosenergia-termelésben zajló paradigmaváltására. Tekintettel a kisfeszültségű elosztóhálózati eszközök korára, a hibák számának növekedése figyelhető meg.

A kutatás első szakaszában a megújuló energiatermelés hatására ciklikusan megjelenő rövid idejű termikus túlterhelések PVC szigetelésű kisfeszültségű elosztókábelek szigetelésére gyakorolt hatását vizsgáltuk. Az eredmények azt mutatták, hogy az ismétlődő termikus túlterhelések a kisfeszültségű elosztókábelek szigetelésében egyértelműen kimutatható degradációt okoznak. Kutatás további eredménye, hogy ezek romlási folyamatok jól követhetők roncsolásmentes, dielektromos vizsgálati módszerekkel (1. ábra). Ezek az eredmények megalapozhatják egy okos mérésen alapuló roncsolásmentes vizsgálati módszer kidolgozását, mely segítségével az egyes megújuló források kisfeszültségű kábelhálózatra csatlakoztatásával megjelenő degradációs folyamatok nyomon követhetők.



1. ábra

A kiefeszűltűű elosztókábekek degradációjának elemzűű az új „smart hálózati” korszakában új távlatokat nyithat ezen eszközök élettartamának meghosszabbítására. Segíthet a meglévűű kiefeszűltűű kábekelhálózatok kihasználásának optimalizálásában és a meghibásodási arány elfogadható szinten tartásában.

**Kulcsszavak:**

*elosztott energiatermelés, kiefeszűltűű kábek, kábekek őregedűű, állapotvizsgálat*

**Kapcsolódó publikációk:**

*Csányi GM, Bal S, Tamus ZÁ., Dielectric Measurement Based Deducted Quantities to Track Repetitive, Short-Term Thermal Aging of Polyvinyl Chloride (PVC) Cable Insulation, Polymers, 2020; 12(12):2809. <https://doi.org/10.3390/polym12122809>*

*Bal, S., Tamus, Z. Á., Investigation of Effects of Short-term Thermal Stress on PVC Insulated Low Voltage Distribution Cables, Periodica Polytechnica Electrical Engineering and Computer Science, 65(3), pp. 167–173, 2021. <https://doi.org/10.3311/PPEe.16485>*



## 2.8 Napenergia-hasznosítás hatásfokának növelése spektrumbontással

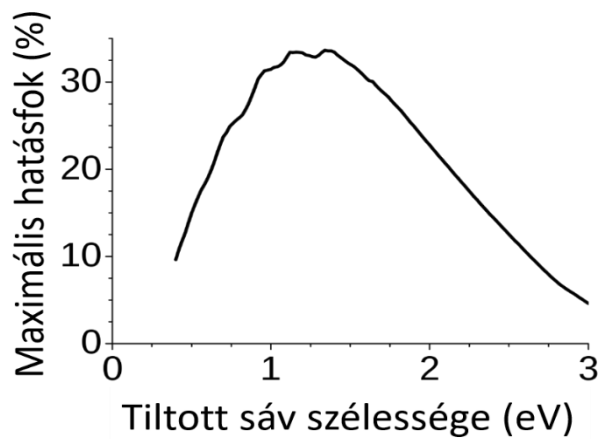
Dr. Plesz Balázs

Villamosmérnöki és Informatikai Kar, Elektronikus Eszközök Tanszéke

Napjainkban egyre fontosabbá válik az energiafüggetlenség és a fenntartható energiatermelés kérdése. A legnagyobb mennyiségben és gyakorlatilag bárhol rendelkezésre álló megújuló energiaforrás a napsugárzás, amely az elmúlt időben egy szélesebb körben terjed. Ennek ellenére továbbra is vannak olyan tényezők, amelyek megakadályozzák, hogy a napenergiának jusson a vezető szerep az energiatermelésben. Napelemek esetében az időjárás ingadozásai mellett főként az alacsonynak vélt hatásfokot szokás említeni, amikor a technológia hátrányai kerülnek szóba.

A napelemek hatásfokának elvi felső határát erősen befolyásolja a napelem készítéséhez felhasznált félvezető anyag: minél nagyobb az anyag tiltottsáv-szélessége, annál több energiát tud kivenni egy beérkező fotonból, ugyanakkor annál kevesebb fotont is tud elnyelni, hiszen csak a tiltott sáv szélességnél nagyobb energiájú fotonok képesek gerjeszteni a félvezetőt. Nagy tiltottsáv-szélességű anyagok esetén tehát a napelem csak egy szűk részét képes hasznosítani a spektrumnak, azaz sok az el nem nyelt fotonokból eredő veszteség, cserébe ezt a tartományt igen jó hatásfokkal alakítja át villamos energiává. Alacsony tiltottsáv-szélesség esetén pont fordított a helyzet, ilyenkor a napelem a fotonok nagyrészét el tudja nyelni, azonban mindegyik fotonból csak kevés energiát képes kinyerni, a fotonok tiltott sáv szélesség feletti energiája pedig hővé alakul, jelentős termalizációs veszteségeket okozva.

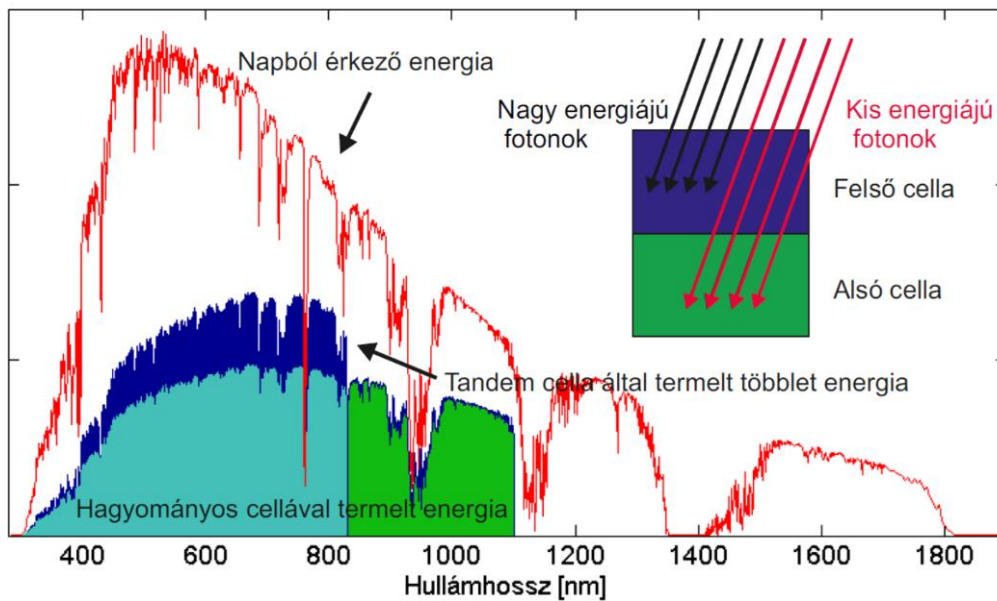
A napsugárzás spektrumától függően létezik egy olyan tiltottsáv-szélesség, amely optimális kompromisszumot jelent a két veszteségi mechanizmus között, és ahol a napelemből kivehető villamos teljesítmény maximális (1. ábra). Ez egyben a napenergia ilyen technológiával történő hasznosításának felső korlátját is meghatározza. Egyátmenetes napelemek esetén 30 % körüli elméleti maximális hatásfok adódik, amely a gyakorlati felhasználásnál 20-22 %-os hatásfokra mérséklődik.



1. ábra: elméleti maximális hatásfok a tiltottsáv-szélesség függvényében

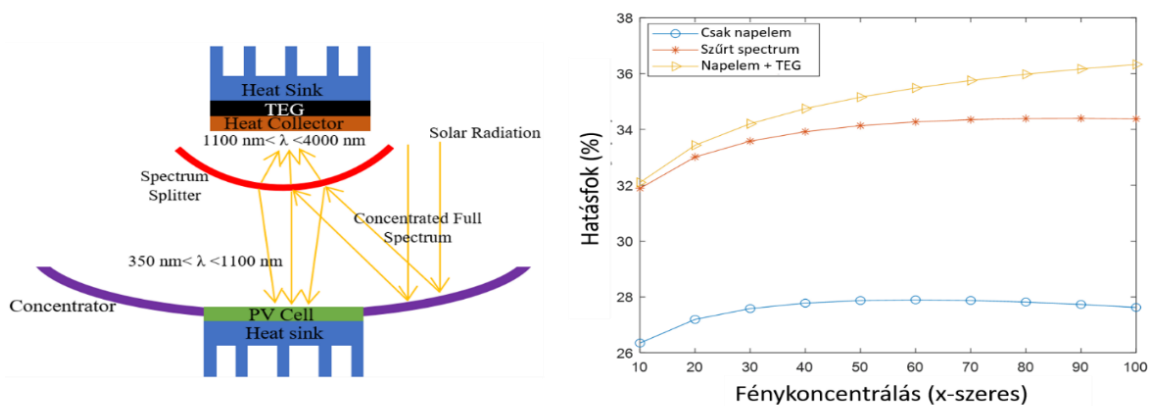
Kihangsúlyozandó azonban, hogy ezt az optimális tiltott sáv szélességet valójában a bejövő fény spektruma határozza meg, tehát a legnagyobb hatásfok-korlátozó tényező nem maga a napelem, hanem a bejövő napsugárzás. Amennyiben monokromatikus, a tiltott sáv szélességével megegyező hullámhosszú fényt alkalmaznánk, a napelemek hatásfoka bőven 80 % felett lenne! Ha tehát sikerülne kevésbé széles hullámhossztartományokkal operálni, akkor a napelemek tiltottsáv-szélességét sokkal jobban lehetne illeszteni egy szűkebb spektrumhoz, ami azt jelentené, hogy az adott spektrumrészben a napelem sokkal nagyobb hatásfokkal tudna üzemelni. Ha pedig sikerülne a spektrum másik részét is valamilyen formában hasznosítani, egy a teljes spektrumra tekintve sokkal hatékonyabb rendszer állna rendelkezésre. A napsugárzás ilyen különböző hullámhossztartományokra történő felosztását nevezzük spektrumbontásnak.

A fent leírtak alapján belátható, hogy napelemeken alapuló energiaelőállító rendszerek esetében kizárólag a spektrumbontásos technológiákkal lehet a hatásfokot a fenti elméleti határértékek fölé növelni. Ennek a legrégebbi megoldása az úgy nevezett tandem napelemek, amelyeknél két, eltérő tiltottsáv-szélességű napelemcella között osztják szét a fényt, így mindkét cella a számára kedvezőbb hullámhossz tartományban üzemel. Ezeknek a tandem celláknak az elméleti maximális hatásfoka már eléri a 45 %-ot. Tervezésük azonban sokkal összetettebb feladat, ráadásul az eltérő anyagok eltérő viselkedése miatt sokkal érzékenyebb az üzemi viszonyok (hőmérséklet, spektrum, öregedés) változására, ezért teljesen más tervezési, vizsgálati és üzemeltetési megközelítést igényelnek, mint a ma használt cellatípusok.



2. ábra: tandem cella működése és lehetséges többlettermelése

További lehetőség az is, hogy a fényt nem két napelem, hanem egy napelem és valamilyen más eszköz (közvetlen termikus hasznosítás, termoelektromos generátor, fotokatalitikus hidrogénfejlesztés, stb.) között osztjuk meg, ezzel növelve a rendszer összhatékonyságát, és több formában előállítva az energiát. Az ilyen kombinált rendszerek számos lehetőséget nyújtanak a napenergia jobb hatásfokkal és gazdaságosabban történő hasznosítására, valamint a felhasználói igényekhez való rugalmasabb alkalmazkodásra. A fényt például egy napelem és egy termoelektromos generátor között megosztva lényeges hatásfoknövekedés érhető el koncentrátoros alkalmazásoknál (3. ábra). Az ilyen kombinált rendszerek kidolgozása és optimalizálása szintén izgalmas, de erősen interdiszciplináris és komplex feladat, amelyben lényeges szemléletváltást igényel az eddigi napenergia-hasznosítási gyakorlattal szemben.



3. ábra: spektrummegosztás napelem és termoelektromos generátor között, valamint az elérhető hatásfok-növekedés

### **Kulcsszavak:**

*Spektrumbontás, napenergia, kombinált napelemes rendszer, hatásfoknövelés*

### **Kapcsolódó publikációk:**

*Alnahhal Ahmed Issa, Halal Ahmad, Plesz Balázs : Thermal-Electrical Model of Concentrated Photovoltaic-Thermoelectric Generator Combined System for Energy Generation ; In: Proceedings of the 28th International Workshop on THERMAL Investigation of ICs and Systems (THERMINIC'22) ; Dublin, Írország : IEEE (2022) Paper: 131 , 4 p.*

*Alshahmani Ahmad Halal, Ahmed Issa Alnahhal, Balázs Plesz : Numerical Simulation and Design Optimization of Highly Efficient Lead-free Perovskite/c-Si Tandem Solar Cell ; In: IEEE, , (szerk.) 2022 22nd International Scientific Conference on Electric Power Engineering (EPE) ; Piscataway (NJ), Amerikai Egyesült Államok : IEEE (2022) pp. 47-52. Paper: 9814136 , 6 p.*

*Abdulrazzaq Ali Kareem, Bognár György, Plesz Balázs : Evaluation of different methods for solar cells/modules parameters extraction ; SOLAR ENERGY 196 pp. 183-195. , 13 p. (2020)*

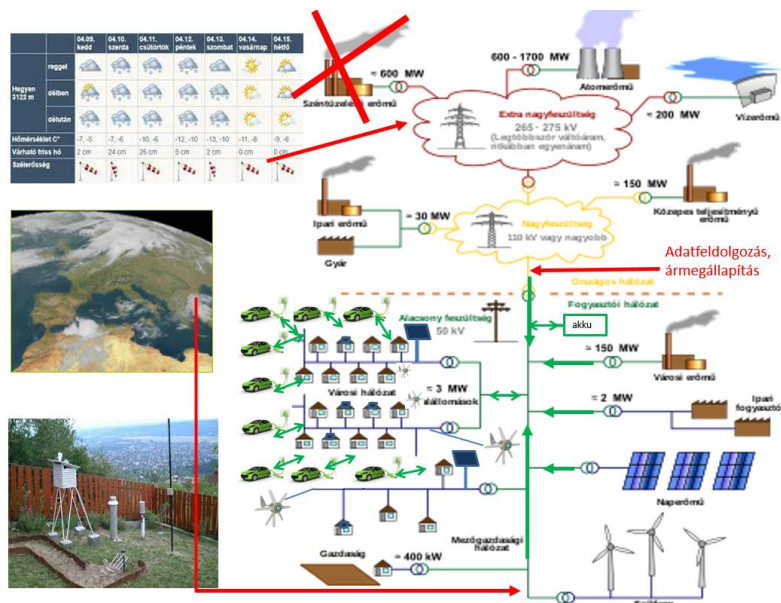
## 2.9 Utópia - avagy hogyan kellene a villamos energiát kezelni?

Dr. Mizsei János

Villamosmérnöki és Informatikai Kar, Elektronikus Eszközök Tanszéke

Nem kétséges napjaink energiafelhasználásában a villamos energia elsődlegessége. Felhasználása a legkényelmesebb, környezetbarát, bármilyen egyéb energiára jó hatásokkal átalakítható, könnyen szállítható, nagyon jól mérhető, az előállítása is megoldott, célszerűen sok környezetbarát eljárással. Egyedül a tárolásával kapcsolatos nehézségek jelenthetnek korlátot.

Az előadás célja egy olyan "utópia" felvázolása, amely a jelenleg működő villamos energia termelési, elosztási és felhasználási rendszer újragondolására serkentheti a szakembereket, lehetőséget adva az eddigiekhez képest olcsóbb és minden tekintetben jobb villamos energia ellátásra.



1. ábra

Az "utópia" lényege, hogy az energiaellátás minden elemét (fogyasztás előrejelzése időjárás alapú és piaci modellekkel, termelés előrejelzése, szállítás, elosztás, felhasználás, tárolás, számlázás) egységes, piackonform rendszerbe foglalja. A rendszer elemeit, azok egymáshoz való viszonyát az 1. ábra szemlélteti. Az utópia lényegét a 2. ábra táblázata összegzi. A konvencionális rendszerhez képest, beleértve a korszerű "smart grid"-eket is, az igazi intelligens rendszer célja, hogy minden olyan tényezőt figyelembe vegyen, ami hatással van



a rendszer bármelyik elemére, tehát a táblázat és az ábra sem teljes. Ugyanakkor a teljességre törekvés egyben az optimalásra való törekvést is jelenti. Vagyis a környezetbarát megoldások előtérbe helyezése nem jelenti egyes energiaforrások kizárását a rendszerből, talán a fosszilis energiák kivételével.

| A rendszer jellege                    | Konvencionális   | Intelligens  |
|---------------------------------------|--|--|
| Energiaforrások                       | Elsősorban hagyományos (atom, szén, szénhidrogén)                                  | Elsősorban megújuló (nap, szél, kisebb részben víz)  |
| Időjárás figyelembe vétele            | Elsősorban a fogyasztás előrejelzésére   | A <u>termelés és a fogyasztás előrejelzésére</u> , valamint az <u>árképzésre</u>                                       |
| A villamos energia ára                | <u>Rögzített</u> , piac idegen, lassan alkalmazkodik a kereslet-kínálat viszonyhoz | A <u>termelés és fogyasztás viszonyától függően</u> dinamikusan változik, <u>piackonform</u>                           |
| A piaci szereplők                     | Eladó (termelő), vevő (fogyasztó)  | <u>Eladó (termelő), vevő (fogyasztó, tároló, termelő), hatósági tervező</u>  |
| Az energiaáramlás és a fizetés iránya | Eladó -> vevő<br>Vevő -> eladó   | Eladó <-> vevő<br>Eladó <-> vevő   |
| A rendszer kerete                     | Nemzeti (import-export lehetőségekkel)   | Nemzetközi, legalább EU szinten, de inkább globálisan <u>egyeztetett termeléssel és elosztással</u>                    |
| A rendszer méretezése                 | Az <u>ellátásbiztonság miatt drasztikusan túlméretezett</u>                        | A térben és időben <u>elosztottabb termelés és kiegyensúlyozottabb fogyasztás</u> takarékosabb hálózatot tesz lehetővé |
| A fogyasztók jellege                  | A főleg <u>hálózathoz kötött</u>   | <u>Hálózathoz kötött és mobil</u> (gépjárművek)  |
| Energiatárolás                        | <u>Nem fontos cél</u>  | A <u>rendszer működésének alapvető feltétele</u> a <u>többszintű, koncentrált és elosztott tárolás</u>                 |

2. ábra

Mindazonáltal az "utópia" egyelőre valószínűleg utópia marad, hiszen nehéz megváltoztatni a lassan évszázados beidegződéseket, érdekrendszert, csakúgy, mint a centralizált energiatermelésre és elosztásra méretezett és kiépített hálózatot. Nemcsak műszaki, hanem társadalmi, politikai, sőt nemzetközi politikai problémákat is meg kell oldani, hogy az "utópia" megvalósulhasson, és egy optimális, minden igényt a lehető legjobban kiszolgáló rendszer épülhessen fel.

#### Kulcsszavak:

*megújuló energiák, intelligens és piackonform villamos energiarendszer,*

#### Kapcsolódó publikációk:

-

## **2.10 A gázmotoros áramszolgáltatás üzleti lehetőségei az egészségügyi szektorban**

Dr. Vokony István, Szalmáné Dr. Csete Mária, Sörös Péter Márk

Gazdaság- és Társadalomtudományi Kar, Környezetgazdaságtan és Fenntartható Fejlődés Tanszék

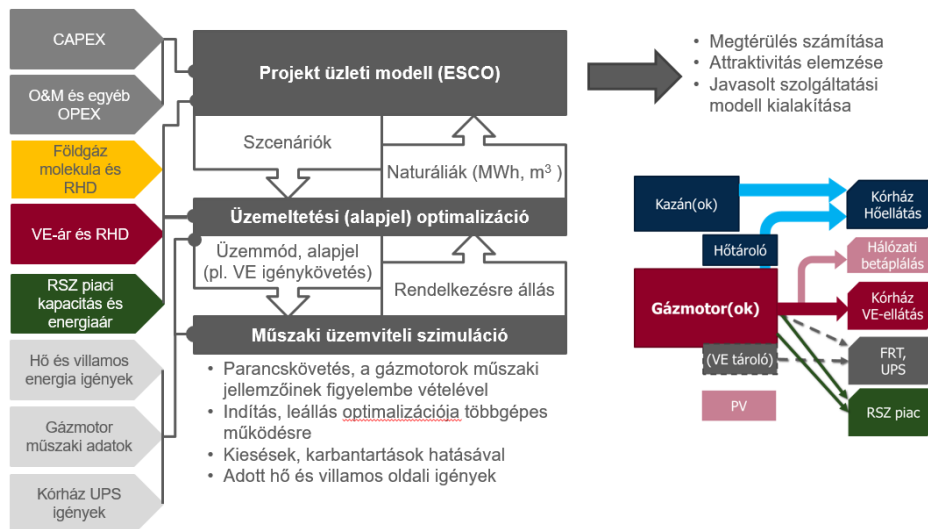
Napjainkban már nem az a fő kérdés, hogy megújuló alapú vagy fenntartható energiaellátási megoldásokat válasszunk-e a hagyományos megoldások helyett, hanem sokkal inkább az, hogy a környezet- és klímabarát, energiahatékony, fenntartható megoldások közül melyik technológia és üzleti modell illeszkedik leginkább a felhasználási területhez és beruházási korlátokhoz. Az EU-s és hazai szakpolitikai környezet iránymutatásai és célkitűzései is mind ezt támasztják alá.

A kapcsolt hő- és villamosenergia-termelés nem jelent radikális változást az elmúlt évtizedekben alkalmazott hő- és villamosenergia-termelési módokhoz képest, mindemellett magas hatásokkal és jó megtérülési mutatóval bír. A közvetlen előnyökön túl pedig közvetett haszna is van: a DSO (distribution system operator – elosztóhálózati engedélyes) számára lehetőséget hordoznak ezek az egységek egy szabályozható, elosztott energiatermelési pool kialakításában, ami napjainkban a flexibilis szolgáltatás műszaki alapjait jelenti. Természetesen egy ilyen alkalmazás nemcsak műszaki szempontoknak kell, hogy megfeleljen, sőt egy pénzügyileg életképes szolgáltatáscsomagot kell kialakítani, akár a szabályozásitartalék-piacon történő részvétellel vagy önmagában az alapfunkciókból adódóan: az intézmény normál- és szükségellátása céljából.

A gázmotorok alkalmazásának a kórházi energiaellátás fejlesztésére hazánkban már évtizedes története van hol sikeres, hol kevésbé sikeres megoldásokkal. A jelenlegi piaci környezetben, valamint a kórházak jelentős (mind villamos, mind pedig hőoldali) energiaigényére, jellegzetes időbeli igényeloszlására alapozva az alapvető fontosságú, folyamatosan rendelkezésre álló, megbízható és minőségi energiaellátás biztosítására együttesen megoldást kínáló szolgáltatáscsomag teljes egészében átalakíthatja a kórházak és energiaszolgáltatók eddigi kapcsolatrendszerét egy mindkét fél számára sikeres konstrukcióvá.

Különösen aktuális a kutatás amiatt is, mert a 2000-es években nagymértékben elterjedt KÁP/KÁT (kötelező átvételi támogatás, korábban KÁP) villamosenergia-értékesítésre létesített kapcsolt gázmotoros termelőegységek jó része műszakilag teljesen leamortizálódott, továbbá a kórházak hőszolgáltatási szerződése

is lejáratközeli, vagy már le is járt, és csak átmenetileg hosszabbítják meg a jelenlegi eszközparkkal és szolgáltatóval. Ugyanakkor mint energetikai telephelyek, helyszínek kiválóan alkalmasak elosztott és rugalmas, menetrendtartó kapacitások fenntartására, bővítésére, modernizálására, a kapcsolt energiatermelés előnyeinek, a primer energia megtakarításának realizálására, ami a feszített földgázpiaci környezetben elkerülhetetlen feladata a hazai energiaszektorban.



1. ábra

Tanulmányunkban kidolgoztunk egy lehetséges elképzelést a szolgáltatási koncepció fejlesztési irányára vonatkozóan, amelynek főbb sarokpontjai a következők:

- A DSO attraktív szolgáltatási ajánlattal sikeresen tud megjeleníteni a kórházak energiaellátásában és egyedi igényeinek kiszolgálásában egy új gázmotoros kapacitás létesítésével.
- Egyedi, megkülönböztető szolgáltatásként a szünetmentes villamosenergia-ellátás biztosításával értékesebbé válik az ügyfélajánlat;
- A DSO emellett ingyen/kedvező áron ad hőt a kórházaknak, a gázmotor tartalékpiacra értékesítő üzemeltetésével, valamint a villamos energia közvetlen értékesítésével az ügyfél számára, ami nagymértékben tudja javítani az elérhető üzemi fedezetet;
- A hálózati oldali szinergiahatásokkal együtt (földgázfogyasztás, RHD-rendszerhasználati díj) rentábilis lehet a zérus/alacsony hődíjú hőszolgáltatásra építő, kapcsolt gázmotoros termelés.

Ahogy korábban is említettük, a műszaki megvalósítási javaslatok a lehetőséget teremtik meg, az irányt a gazdasági megfontolások fogják meghatározni.

### **Kulcsszavak:**

*termelés optimalizálás, ESCO, gázmotor, üzemeltetés*

### **Kapcsolódó publikációk:**

*Vokony, István ; Salama Hossam ; Barancsuk, Lilla ; Sinkovics, Bálint ; Sőrés, Péter Márk : P2P local market concept with dynamic network usage tariff via asset enablement – Horizon2020 project demo experiences*

*Vokony, István ; Sinkovics, Bálint ; Sőrés, Péter Márk ; Divényi, Dániel ; Szalmáné Csete, Mária : A gázmotoros áramszolgáltatás üzleti lehetőségei az egészségügyi szektorban*

*Vokony, István : Hybrid Hydrogen–PV–e-Mobility Industrial Energy Community Concept—A Technology Feasibility Study*

*Vokony, István ; Zsebik Albin ; Németh, Bálint : Hibrid, PV - hidrogén - e-mobilitás az ipari energiaközösségekben*

*Vokony, István ; Szekeres, Marcell Benedek ; Németh, György Valentin : Agile Application Landscape Planning in Energy Sector – Architectural Experiences*



M Ű E G Y E T E M 1 7 8 2

# 3.0 HULLADÉK, MŰANYAG, BIODIVERZITÁS, ÚJRAHASZNOSÍTÁS, FENNTARTHATÓSÁG A KÉMIÁBAN



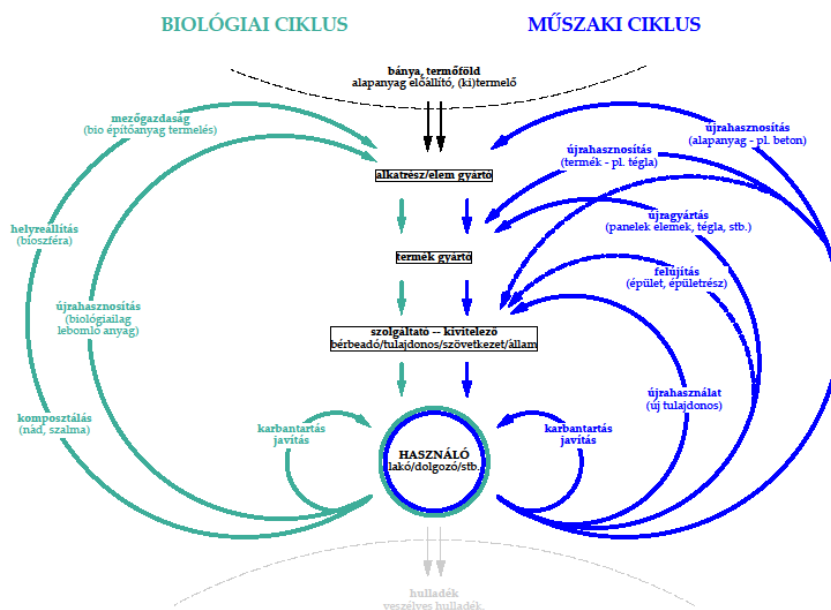
### 3.1 Körforgásban az építészet - Alternatív közgazdaságtani megközelítéseken alapuló építészeti jogyakorlatok

Horváth-Farkas Zsófia

Építészmérnöki Kar, Exploratív Építészeti Tanszék

Az elmúlt évek környezettudatosságról és fenntarthatóságról szóló értekezéseiben egyre többször kerül elő a körforgásos (vagy körkörös) gazdaság fogalma. Ennek oka elsősorban abban a felismerésben keresendő, hogy egészen addig, amíg a világ gazdasági berendezkedése a fogyasztásra és a termelés növelésére épül, addig a természeti értékek védelmében létrejövő, alapvetően etikai alapon közelítő alternatív kezdeményezések utópisztikusnak tűnnek.

Rendszerszintű változásra van szükség, de nem csupán morális alapon. És éppen ebben rejlik a körforgásos gazdasági megközelítés ereje: az „elvesz-fogyaszt-eldob” elvre épülő lineáris folyamatok felülbírlata, az anyag körforgásban tartása nem csupán etikai kérdés, hanem komoly gazdasági előnyökkel is jár. Jelenleg a gazdaságunk működésének egyik legfontosabb motorja, a fejlődés (növekedés) egyik húzóágazata az építőipar, ami egyúttal az egyik legtöbb hulladékot termelő iparág is. Ily módon az építőiparban a hulladékkezelésről, a hulladék nyersanyagként való hasznosításáról, vagy akár a hulladék kiiktatásáról való gondolkodás egyszerre fenntarthatósági és piaci racionalitási kérdés.



A körforgásos megközelítés azonban alapjaiban írja át az építőipari, és azon belül építészeti, tervezői gondolkodásmódot, a jól bevált tervezési gyakorlatokat. Az alternatív megközelítések várhatóan és láthatóan felértékelődnek a küszöbön álló energia- és nyersanyagválság árnyékában, így az ezeken alapuló jógyakorlatok megismerése kiemelt fontosságú.

A kutatásomban ezen gondolatok mentén két témakör – körforgásos programalkotás és körforgásos épülettervezés – köré szervezve járom körbe a körforgásos építészet kérdését és mutatok be gyakorlati megoldásokat. Ugyanakkor látni fogjuk azt is, hogy ezek a jógyakorlatok nem feltétlen jelentenek újdonságot, hiszen az elmúlt évtizedekben több olyan alternatív szemlélet fejlődött párhuzamosan, melyekből a körforgásos gazdaság táplálkozik, és amely irányzatokat szintetizál és rendszerbe fog. Ilyen többek közt a nemnövekedés ideája, a „bölcstől bölcsőig” elv, a zero waste szemlélet, a „termék helyett szolgáltatás” modellek, vagy akár az újrahasznosítás. Mostanra azonban a változás elengedhetlenné és elkerülhetlenné vált, érezhetően paradigmaváltás előtt állunk, melyre érdemes tudatosan készülni az építész szerepének és lehetőségeinek újragondolásával.

**Kulcsszavak:**

*#körforgás #alternatíva #építészet #paradigmaváltás*

**Kapcsolódó publikációk:**

*Nemnövekedés és fejlődés: A nemnövekedés gazdasági programjával összefüggésbe hozható építész praxis gyakorlatainak feltérképezése. In: Bun, Zoltán; Szabó, Levente (szerk.) Építészet és innováció. A BME Építőművészeti Doktori Iskola tanulmánykötete 2019/20. Budapest, Magyarország: BME Építőművészeti Doktori Iskola (2020) pp. 68-83., 16 p.*

## 3.2 A bontás, mint tudatos építészeti gesztus

Barta Fruzsina

Építésmérnöki Kar, Exploratív Építészeti Tanszék

Az elmúlt 15 évben egyre nagyobb figyelmet kap a meglévő épületek újrahasznosítása, azok teljes elbontása és egy új ház építése helyett. A megszokott kivitelezői és ingatlanfejlesztői vélemények szerint egy épület átépítés nagyobb költséggel jár, mint egy új létrehozása. Ez rövidtávon igaz lehet, de a hosszútávú, akár több évtizedes komplex hatásokat vizsgálva sokkal kifizetődőbb az átalakítás. Ez nem csak gazdasági szempontból lehet kedvezőbb, hanem a környezeti terhelés csökkentése érdekében is, hiszen az alapanyaggyártás, az építőipari kivitelezés, az elbontott anyagok szállítása és a szemét deponálása is hozzájárul a környezetszennyezéshez. A meglévő házak nem csak építészeti, hanem olyan fizikai tartalékkal is rendelkeznek, amelyet a drasztikusan elfogyó alapanyagok és az építőanyagok drámaian növekvő ára mellett vétek lenne veszni hagyni. Az energiatakarékosság nem feltétlenül az elhelyezett új gépészeti elemekkel érhető el, hanem az épület önmagában rejthet olyan lehetőségeket, amelyek segíthetnek a fogyasztás csökkentésében. Ha ezeket az értékeket – tervezőként – a meglévő épületek átalakításakor szem előtt tartjuk, akkor az eredeti ház szellemisége marad meg és emellett még újfajta tervezési attitűdökkel gazdagodhat az eszköztárunk. Cél egy újfajta alkotói módszer megismerése, ami új kontextusba helyezi a meglévő épületeket.

Az épületek átalakítása során hangsúly van az új és a meglévő elemek közti kapcsolaton, hogy viszonyulnak egymáshoz és ez mennyire látható. Bár sokszor az első lépés az épület belső kialakításának teljes elbontását jelenti, érdemes ezt a mozzanatot tervezői szemmel is körültekintőbben megfigyelni. Sok esetben előfordul, hogy a bontásra szánt elemek egy alaposabb vizsgálat után megtarthatók lennének és így a meglévő épület értékei kellő figyelmet kapnának. Természetesen nem csak a környezeti tényezők számítanak a tervezés során, hanem a legtöbb esetben az esztétikai kérdések a sorsdöntők. A tudatos bontás, mint építészeti kellék az elmúlt 10-15 évben egyre gyakrabban használt elemmé válik. Ebben az esetben nem a maga műszaki egyszerűségében használatos a bontás, hanem tervezői és térformáló eszközként is.

A kutatás a belga Architecten De Vylder Vick Taillieu (advvt) építésziroda munkáin keresztül kíséri végig a bontás esztétikája. Az iroda jellemzően kisebb léptékű családi házak tervezésével és átalakításával foglalkozik, de az alkotásaik között van számos középület is. Ezek rendszerint meglévő épületek, amelyeket

a megbízói igények alapján alakítanak át és a bontást egy adekvát tervezői eszközként használják. A részletesebben vizsgált három épületen érthetőbbé válik az, hogy hogyan alkalmazzák ezt gondolkodásmódot és hogyan válik a bontás kulcsfontosságú tervezői elemmé.



**Kulcsszavak:**

*bontás, épület újrahasznosítás, reuse, tudatos bontás*

**Kapcsolódó publikációk:**

*Barta Fruzsina - Silomorfózis: Felhagyott silóépületek adaptív újrahasznosítása tervezői szemmel*

*Térfoglalás: a BME Építőművészeti Doktori Iskola tanulmánykötete 2020/21*

### **3.3 Machine learning as a tool for more efficient adaptation of green solutions in the concrete industry**

Amina Dacić

Építőmérnöki Kar, Építőanyagok és Magasépítés Tanszék

Adopting greener solutions in the concrete industry on a large scale has been a challenge. The standards used in the construction industry are mainly based on well-known and widely used materials. Moreover, optimizing concrete mixes and investigating their material behaviour is a highly time-consuming process. This is especially the case when long-term behaviour has to be examined. On the other hand, variability of the physical and chemical characteristics of the ingredients used can result in the differing material performance of concrete.

The slow process of adopting alternative concrete solutions should be accelerated, especially because of the industry's environmental burden. Furthermore, available standards mainly focus on the technical aspect of the materials' performance, excluding their environmental impact.

Machine learning (ML) seems like a tool which could be a viable solution focusing on both multi-criteria evaluation and accelerated decision-making for sustainable concrete. In this study, possible methods of ML that could be employed in the concrete industry will be introduced as well as state-of-art of the papers focusing on the topic in the literature.

#### **Kulcsszavak:**

*machine learning, green concrete*

#### **Kapcsolódó publikációk:**

*Amina Dacic, Oliver Fenyvesi, Limitations of Life Cycle Assessment of Green Concretes- A State-of-the-Art Review, Acta Polytechnica CTU Proceedings 33: 112-118, 2022*



### **3.4 Production of sustainable concrete using BME cladding wastes**

Ahmed M Seyam, Rita Nemes

Építőmérnöki Kar, Építőanyagok és Magasépítés Tanszék

The consumption of waste materials is one of the essential concerns of waste management strategies in many parts of the world. With the advances in concrete technology, the utilization of waste materials in sustainable construction has developed increasingly widespread because of technological, economic and ecological advantages.

The concrete industry is a core element of the building sector, but it has to deal with the increasing attention on the environmental issues related to the production process: increasing energy efficiency and adopting alternative fuels or raw materials represent the most relevant solutions. The present work experimentally investigates the physical and mechanical performances of concrete incorporating residues derived from the cladding wastes of the Budapest University of Technology and Economics, external claddings, as substitutes of the coarse aggregates. Recycled clay brick aggregates are used as a complete replacement for the coarse aggregates.

The results of this research showed that concrete can be successfully produced using recycled clay bricks. The crushed clay bricks showed a lower density compared with the regular aggregate, and the concrete made with these aggregates shows a good mechanical property, so we can use it as a structural concrete more over the concrete made with these crushed clay bricks showed better thermal properties in case of applying heat load.

**Kulcsszavak:**

*Clay bricks, recycled aggregate, Concrete, sustainable*

**Kapcsolódó publikációk:**

*Ahmed M. Seyam, Rita Nemes, Shear strength behavior for lightweight aggregate concrete subjected to elevated temperature, fib International Congress 2022, Norway, 2022.*

*Ahmed M. Seyam, Rita Nemes, Impacts of aggregate type and elevated temperature on flexural tensile strength of concrete, 14th fib International PhD Symposium in Civil Engineering, Italy, 2022*

### **3.5 A detailed review on early age shrinkage cracking in recycled aggregate concrete**

Iftikhar Sahar

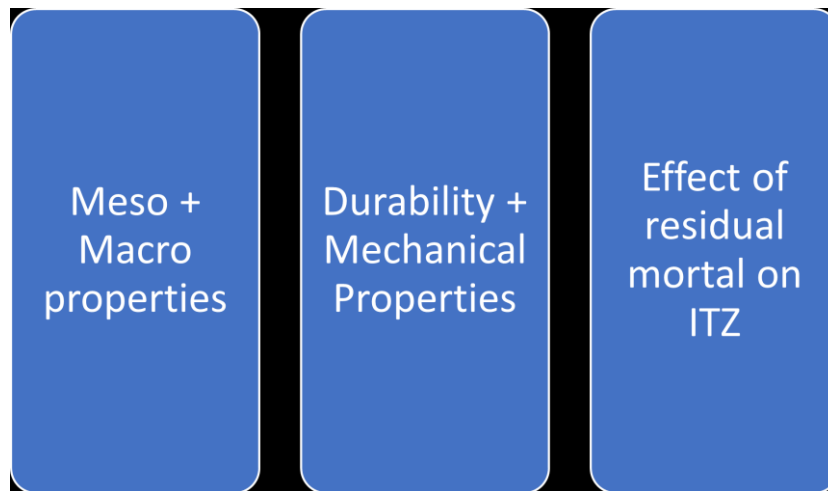
Építőmérnöki Kar, Építőanyagok és Magasépítés Tanszék

As the number and volume of construction demolition work increase day by day, it has become a challenge to handle construction demolition waste. Moreover, the consumption of natural raw materials to meet the demands of the construction boom has given rise to an alarming situation. Therefore, developing sustainable solutions to cope with infrastructural development is important. Recycled aggregate has some residue mortar from previous concrete attached to it, affecting the quality of recycled aggregate concrete.

This residual mortar generates a secondary interfacial transition zone with concrete, other than the primary interfacial transition zone, that changes the behaviour and properties of recycled aggregate concrete. In addition, the replacement ratio of recycled aggregate also affects the quality of recycled aggregate concrete. Several studies have been made on the use of recycled aggregate in concrete in the past, discussing the factors that affect the performance of concrete.

This paper will give a wholesome overview of the progress made in reusing recycled aggregate in concrete and its limitations. The Micro- and mesoscale behaviour of recycled aggregate concrete will be discussed. In addition to that, the mechanical properties and durability of recycled aggregate concrete will be analysed. The effect of the replacement ratio and water-cement ratio will be discussed.

To conclude, the research progress made on recycled aggregate concrete by previous researchers will be presented in this study, and research gaps will be identified.



**Kulcsszavak:**

*Recycled Aggregate, Recycled Aggregate Concrete, Construction Demolish Waste, Sustainable Construction*

**Kapcsolódó publikációk:**

*Wang, Ruijun, Ningning Yu, and Yang Li. "Methods for improving the microstructure of recycled concrete aggregate: A review." Construction and Building Materials 242 (2020): 118164.*

*Tam, Vivian WY, Mahfooz Soomro, and Ana Catarina Jorge Evangelista. "A review of recycled aggregate in concrete applications (2000–2017)." Construction and Building materials 172 (2018): 272–292.*

### 3.6 Szalma- és üveghulladék-alapú tűzálló hőszigetelés fejlesztése

Csanády Dániel

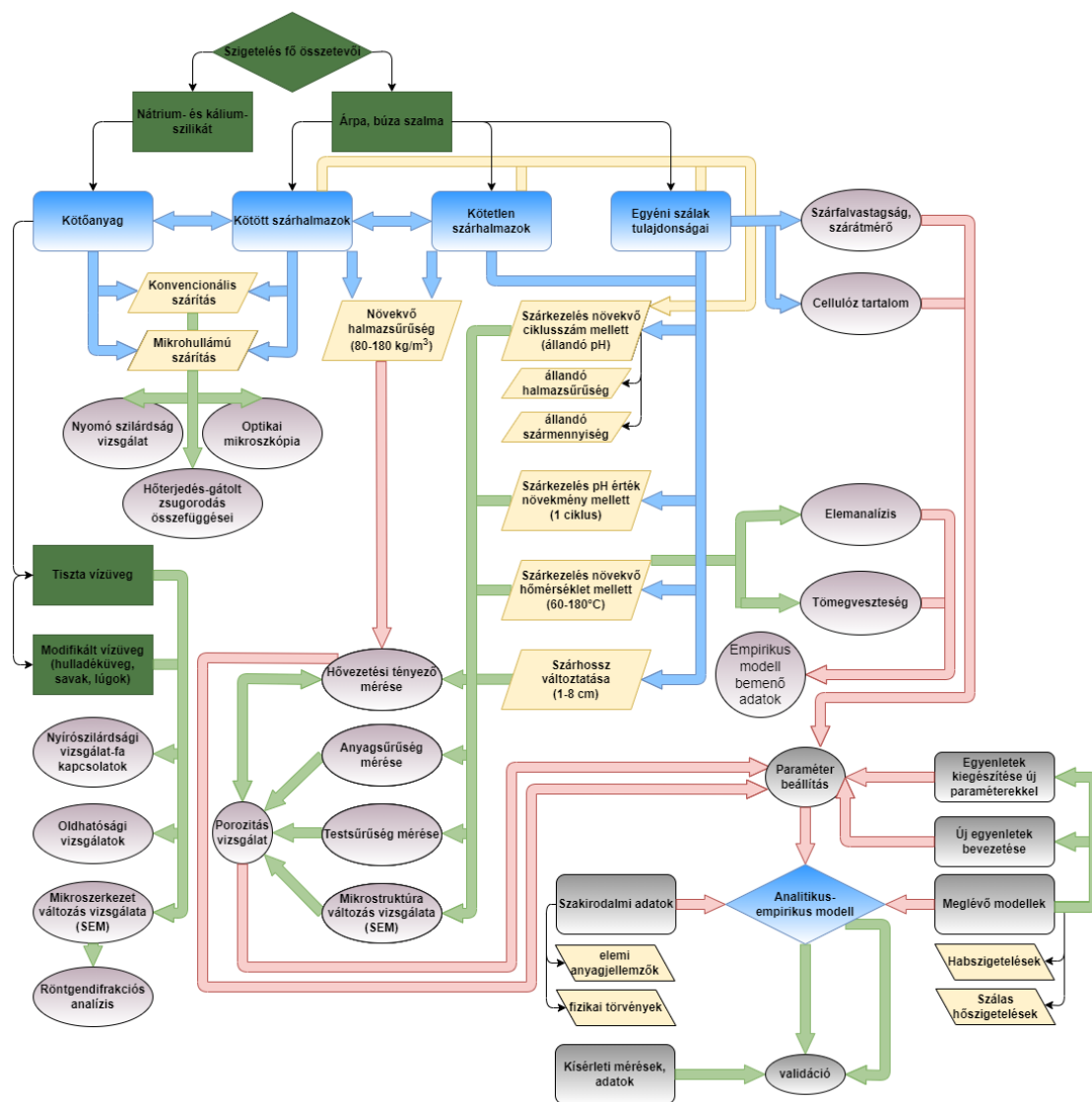
Építőmérnöki Kar, Építőanyagok és Magasépítés Tanszék

Újépítésű épületeink vagy energiahatékonysági célú felújítás esetén meglévő épületeink épületburkának hőszigetelése elengedhetetlen fontosságú. Legalább ennyire fontos a hulladék mennyiségének mérséklése és újrahasznosítása, a körkörös gazdaság megteremtése. Hazánk egyelőre nem jeleskedik a hulladékok újrahasznosításában, a csomagolási üveghulladékból például csupán a hazai fogyasztás 35%-át hasznosítjuk újra. Ez az érték rövid és hosszú távon könnyen megduplázható lenne, ha az összegyűjtött üveghulladék építőipari, építőanyag alapanyagként történő hasznosítása nagyobb teret nyerne.

Kutatásunk során egy hazánkban jelentős mennyiségben rendelkezésre álló mezőgazdasági melléktermék, a búzaszalma, valamint csomagolási üveghulladék alapanyagok felhasználásával előállított természetes hőszigetelés kutatás-fejlesztését mutatjuk be (lásd 1. ábra), kiemelve az épületenergetikai és tűzállósági teljesítőképesség optimalizálását. A szalma-alapú táblás hőszigetelését úgy fejlesztettük, hogy a kötőanyaga újrahasznosított üvegport is tartalmazzon, mely kötőanyag összetétele és technológiája biztosítja a táblás hőszigetelés kiemelkedő mechanikai és tűzállósági jellemzőit is.

A kutatás során számos kísérletet végeztünk a szalma típusára, a szálhossz és szálkezelés hatására, valamint a kötőanyag összetételére vonatkozóan is. Fontos tudnunk ugyanis, hogy a szalma természetes anyag, ezáltal a minősége változó, melyet kiismerve egyenletes minőségű terméket lehetséges gyártani.

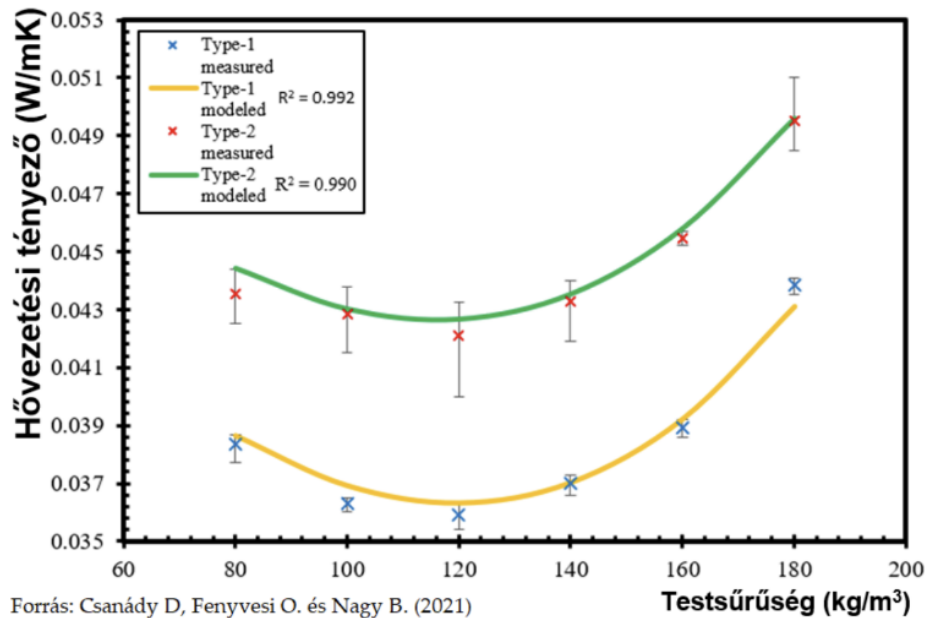




1. ábra: Szalma alapú hőszigetelés kutatás-fejlesztésének sematikus folyamatábrája

A szalma mezőgazdasági melléktermék, amely jellegéből fakadóan minden évben keletkezik, és ha nem hasznosítjuk, hulladékként marad hátra. A szalma teljesítőképessége a szerkezetéből adódóan természetes állapotban is kiemelkedő a növényvilágban, de nem összevethető a mesterséges anyagokéval. Jelentős különbség adódik például az árpa- és a búzaszalma között a mért hővezetési tényezőben a testűrűség függvényében (lásd 2. ábra), azonban az optimális, legalacsonyabb hővezetési tényezőt eredményező testsűrűségük megegyezik, mely  $120 \text{ kg/m}^3$ . Azonban a búzaszalma hővezetőképességét a speciális szálkezelési eljárásunk segítségével sikerült több, mint 15%-al csökkentenünk, ezáltal a hazánkban leginkább elérhető szalma felhasználásával is képesek vagyunk versenyképes hőszigetelőanyagot előállítani, így a kötőanyag hozzáadása után is képesek vagyunk a termék hővezetési tényezőjét  $0,04 \text{ W/mK}$  alatt tartani.

A természetes alapanyagra vonatkozó kutatásunk során megalkottunk egy fél-analitikus modellt, mely segítségével a szalma anyagtulajdonságainak ismeretében nagy pontossággal tudjuk becsülni a hővezetési tényezőt.



2. ábra: Árpa (type-1) és búzaszalma (type-2) hővezetési tényezője a testsűrűség függvényében

A kifejlesztett anyag olyan, szilárd táblákká préselt szalmából áll, amelynek általunk kidolgozott eljárásokkal mikro- és makroszerkezeti szinten megnöveltük hőszigetelő képességét úgy, hogy közben megtartsa környezetbarát jellegét.

Az eredmény a mesterséges anyagokkal összevethető, olykor meghaladó hőszigetelő és hőtároló képesség, amely nem csak télen, hanem nyáron is biztosítja a belső jó közérzetet és egészséges életteret. A szalma alapú hőszigetelésünk „lélegzőnek” tekinthető, tehát a felesleges pára távozni tud az épületből. A termékünk továbbá jó hangelnyelő, ami tovább növeli a belső környezet élhetőségét és jó hatással van a stressz csökkentésére is. A szalma-alapú hőszigetelésünk ráadásul a kötőanyag keverék révén önkilátó tulajdonsággal is rendelkezik, valamint tűzállónak mondható. A hőszigetelőanyag továbbá a tervezett élettartama, a házán töltött szolgálatának teljesítése után visszakerülhet a természet körforgásába szennyező anyag nélkül az általunk kifejlesztett szerves kötőanyagok és szálkezelési eljárásnak köszönhetően.

A fejlesztett anyag teljesítőképessége versenyképes a piacon elérhető mesterséges, illetve nehezen újrahasznosítható anyagokkal is. A természetes és újrahasznosított anyagok térnyerésével csökkenthető lenne az épületeink energiaigénye, valamint a hulladékmennyiség is, mellyel megteremthetnénk a körkörös gazdaságot.

**Kulcsszavak:**

*körkörös gazdaság, szalma, hőszigetelés, hulladéküveg*

**Kapcsolódó publikációk:**

*Csanády, Dániel; Fenyvesi, Olivér; Nagy, Balázs: Heat Transfer in Straw-Based Thermal Insulating Materials, MATERIALS 14(16), 2021, p. 4408*

*Csanády, Dániel; Fenyvesi, Olivér; Nagy, Balázs: An empirical model of heat-treated straw bulks thermal conductivity based on changes in mass and chemical composition, JOURNAL OF THERMAL ANALYSIS AND CALORIMETRY, 2022*

### 3.7 Környezetbarát áramköri hordozók

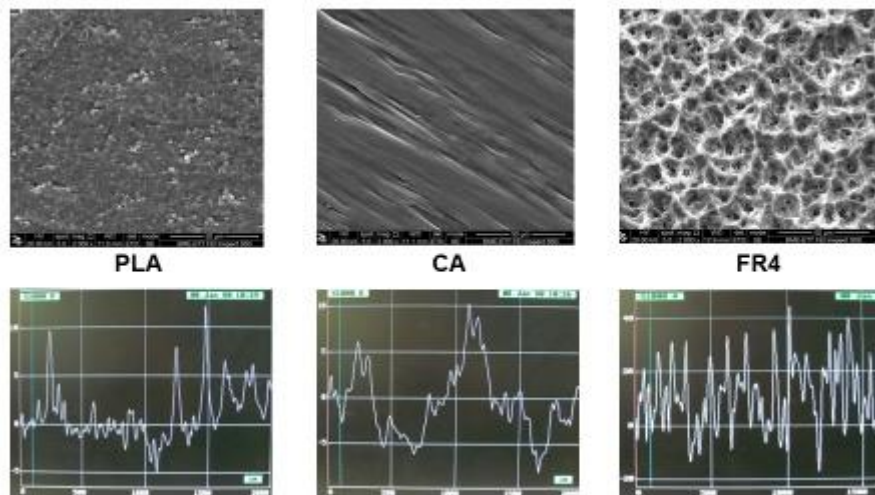
Gál László, Géczy Attila, Hajdu István

Villamosmérnöki és Informatikai Kar, Elektronikai Technológia Tanszék

Az elektronikus berendezések alapvető alkatelemei az 1950-es évek óta egyre szélesebb körben alkalmazott nyomtatott huzalozású (NYH) áramköri hordozók. Kezdetben papír, majd textil vázanyaggal erősített bakelit lemezeket használtak, majd az üvegszál erősítésű epoxi gyanták váltak szinte kizárólagossá. A használatból kikerülő lemezek feldolgozása jelentős energia igénnyel és káros anyag emisszióval jár. Egy zöldebb elektronikai ipar megteremtéséhez fontossá vált környezetbarát (lehetőleg biológiailag lebontható) áramköri hordozók és a hozzájuk rendelhető szerelési technológiák kutatása, fejlesztése. Az Elektronikai Technológia Tanszék 2011 óta foglalkozik ezzel a témával.

A hagyományos epoxi alapú (leggyakrabban FR4 típusjelzésű) hordozókból az áramkörök gyártása egy epoxi-prepreg réteg-réz fólia szendvicsből indul ki és környezetszennyező szubtraktív lépések sorozatával alakul ki a kívánt áramköri rajzolat. Nagyrészt gazdasági, kisebb részben technológiai okokból nagyon ritka a rajzolatok additív kialakítása. Az FR4-es hordozó a használatból való kivonás után ekkor is környezeti terhelést jelent. A zöldebb jövő érdekében tehát az FR4-es hordozó kiváltását és az additív eljárások széleskörű megvalósítását is célul kell megjelölni.

Eddigi munkánk során politejsav (PLA), cellulóz-acetát (CA) és cukor alapú bioepoxi (GPTE-DETD) anyagokkal végeztünk kísérleteket. A réz vezető réteg felvitelére különböző módszerű laminálási eljárásokat és additív technikákat alkalmaztunk. A referenciaként szolgáló FR4-es hordozóhoz képest jelentősen eltérő felületi struktúra, kisebb felületi érdesség tapasztalható a PLA és CA lemezeknél (1. ábra).



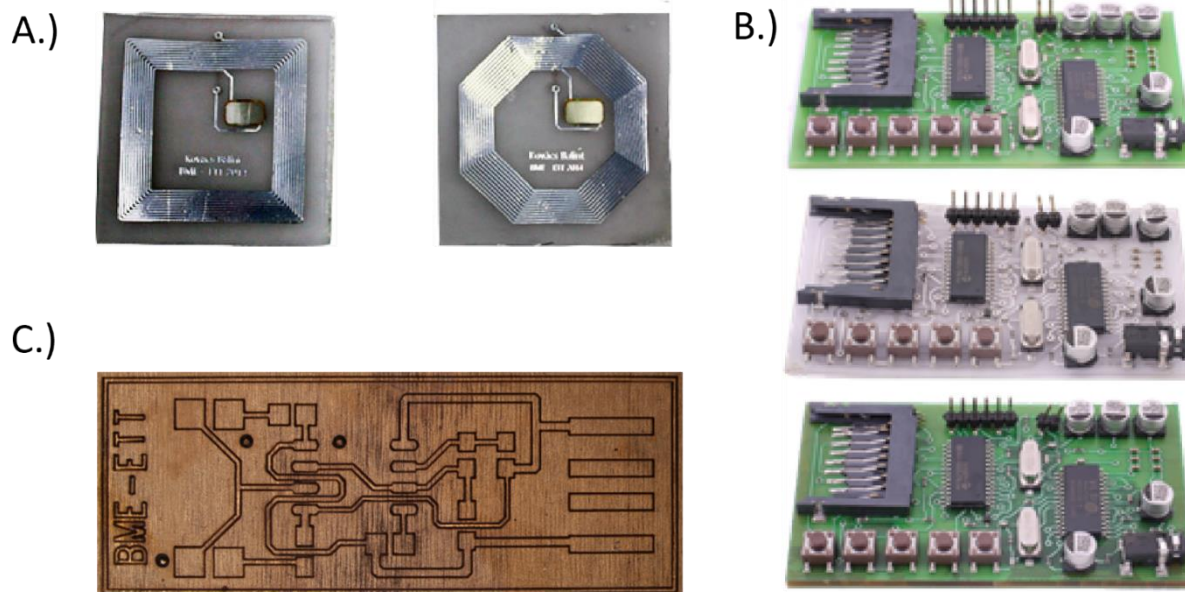
1. ábra. PLA, CA és FR4 anyagok felületi érdessége.

Ezért ezekre az anyagokra környezetbarát additív eljárásokkal felvitt vezető rétegeknél csak a szabványok által megkövetelt lefejtési szilárdság értékének mintegy 50 %-át lehetett elérni. A laminált megoldások környezeti terhelést visznek a gyártási folyamatba, de megközelítik a szükséges tapadási követelményeket. A GPTE-DETDA bioepoxira megfelelő tapadású additív réteget lehet leválasztani, ennél az anyagnál viszont adalékolási kísérleteket kell végezni a merevség csökkentésére. PLA lemezekkel ezüst+réz rétegek additív felvitelével ígéretes kísérleteket folytattunk. Az áramköri rajzolatok készítésénél Nd-YAG lézer alkalmazásával pedig minimális anyageltávolítás tervezhető, így ez az eljárás nagyon kis emisszióval járó féladditív megoldás.

A munka során nagy hangsúlyt fektetünk a forrasztási technológiák és forrasztóanyagok alkalmazástechnikájának fejlesztésére, energiatakarékos megoldások bevezetésére.

A legutóbbi időben az anyagok és a technológiák lehetőségeit demonstráló nyomtatott huzalozások készültek egyoldalas felületi szereléssel, égésgátolt, környezetbarát, természetes szállal erősített, biológiailag lebomló anyagokra (2.ábra). A széles körben alkalmazott felületi szerelési módszerekkel és eszközökkel is sikeres konstrukcióka lehetett létrehozni. Az minőségi paraméterek, közülük is a tartósság, megbízhatóság azonban további optimalizálásra szorulnak, ami jelenleg is kutatásunk egyik fő fókuszában áll. A téma kutatásában állandó partnerünk a tanszéki laboratórium bázisán működő UNI PCB Kft és az égésgátolt, természetes szálerősítésű PLA lemezek fejlesztésében a Meshlin Composites Zrt.





2.ábra. A: RFID címkék, B: MP3-as lejátszók FR4, PLA és GPTC-DETDA hodoszók, C: Additív Ag+Cu rétegfelvitel lézeres rajzolattal.

#### Kulcsszavak:

*környezetbarát, nyomtatott huzalozás, biológiailag lebomló, additív technológia*

#### Kapcsolódó publikációk:

A. Géczy et al., "Novel PLA/Flax Based Biodegradable Printed Circuit Boards," 2022 45th International Spring Seminar on Electronics Technology (ISSE), 2022, pp. 1-6, doi: 10.1109/ISSE54558.2022.9812827.

A. Géczy, I. Hajdu, L. Gál, C. N. Barna, M. Kovács and G. Harsányi, "Challenges of SMT assembling on biodegradable PCB substrates," 2019 22nd European Microelectronics and Packaging Conference & Exhibition (EMPC), 2019, pp. 1-5, doi: 10.23919/EMPC44848.2019.8951848.

## 3.8 Polimerek a fenntarthatóság jegyében

Szolnoki Beáta, Bocz Katalin

Vegyészmérnöki és Biomérnöki Kar, Szerves Kémia és Technológia Tanszék

A növekvő mennyiségű polimer hulladék okozta környezeti károk mérséklésének, valamint a fosszilis nyersanyagforrások kiváltásának egyik módja a jelenleg használatban lévő polimerek (értéknövelő) újrahasznosítása. Ehhez az egyes polimer típusok megfelelő elválasztása is szükséges, amely sok esetben nehezen valósítható meg. Ilyenkor a vegyes hulladék alkotóinak kompatibilizálása szükséges. A megfelelő stabilizálás és kompatibilizálás mellett a másodlagos hulladék polimerek jól megtervezett funkcionalizálása a kulcs a piacképes újrahasznosított termékek előállításához. A minőségjavítás a mechanikai tulajdonságok javításával, a tűzállóság fokozásával és/vagy az újrahasznosított termékek tömegének csökkentésével (habosítással) érhető el.

A 'design for recycling' elvét követve a termékfejlesztés célja, hogy a lehető legkevesebb összetevő felhasználásával jussunk a kívánt tulajdonságokhoz, kiküszöbölve a szétválasztás/szétválogatás nehézségeit. A legszemléletesebb példát erre az önerősített kompozitok jelentik, amikor a szálerősítés és a mátrix ugyanabból a polimerből áll.

Az újrahasznosítás mellett a másik lehetőség olyan megújuló nyersanyagforrásból származó és potenciálisan biodegradálható polimer rendszerek kifejlesztése, melyek mechanikai és termikus tulajdonságaikban is megfelelő alternatívát kínálnak a hagyományos polimerekkel szemben. A polimer kompozitok egyik legnagyobb felhasználója a jármű- és repülőgépipar, ahol a fémeknél kisebb sűrűségű kompozitok alkalmazása súlycsökkenéssel és ezzel együtt az üzemanyag-fogyasztás csökkenésével jár együtt, azonban a biztonsági előírások megkövetelik az alkalmazott polimer alkatrészek csökkent éghetőségét, égésgátlását is. Biokompozitok előállítására a természetes szálerősítés kézenfekvő megoldás, a bioszálak azonban éghetőek, így ezek égésgátlására is figyelmet kell fordítani.

Míg a hőre lágyuló megújuló nyersanyagforrásból származó műanyagok között egyértelmű a politejsav térnyerése, addig a hőre keményedő polimerek esetében még várat magára az ipari környezet számára is megfelelő megoldás. A cellulózszármazékok közül az izoszorbid-alapú epoxi monomer áll a kutatók figyelmének középpontjában, ugyanakkor eddig még ezzel a vegyülettel sem sikerült átütő eredményt elérni. Az epoxigyanták esetén inkább az epoxi monomer megújuló forrásból történő előállítása kap nagyobb hangsúlyt, azonban

a térhálósító komponenssel is érdemes foglalkozni. Az epoxigyanták égésgátlására lehetőség van additív, illetve reaktív módon. Az additív égésgátlók fizikai keveréket alkotnak a polimerrel, míg a reaktív égésgátlás során mind az epoxi monomer, mind a térhálósító komponens kémiai módosításával beépíthetjük az égésgátló funkciót a polimerbe. Ezúton egy multifunkciós anyaggal egyszerre tudjuk a polimer szerkezetét és éghetőségét számottevően befolyásolni.

Kutatócsoportunkban a kíváncsiság kiterjed mind hőre keményedő, mind hőre lágyuló, megújuló nyersanyagforrásból származó polimerek égésgátlására, illetve az újrahasznosítás lehetséges módzataira, hogy fenntarthatóak és biztonságosak legyenek a jövő műanyagtermékei.

#### **Kulcsszavak:**

*megújuló nyersanyagforrás, polimerek értéknövelő újrahasznosítása, tűzbiztonság, súlycsökkentés*

#### **Kapcsolódó publikációk:**

*K. Bocz, F. Ronkay, K.E. Decsov, B. Molnár, Gy. Marosi: Application of low-grade recycle to enhance reactive toughening of poly(ethylene terephthalate), Polymer Degradation and Stability, 185, 109505, 2021*

*A. Aljamak, B. Szolnoki, Gy. Marosi: Improving thermal and flame retardant properties of sorbitol-based bioepoxy systems by phosphorus-based flame retardants, Fire and Materials, 46 (3), 605-614, 2022*

### 3.9 A bioműanyagokról közérthetően

Dr. Tábi Tamás

Gépészmérnöki Kar, Polimertechnika Tanszék

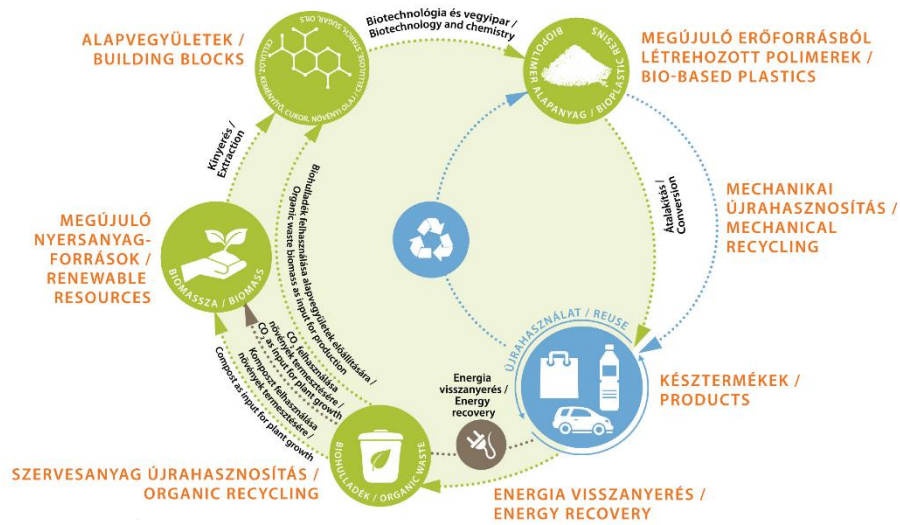
A XX. században a mesterséges műanyagok széles körben elterjedtek és a műanyagból előállított termékek szinte hozzánőttek a mindennapi életünkhöz azt könnyebbé, egyszerűbbé téve. Ezt leginkább a műanyagok kis sűrűségének, változatos tulajdonságainak, egyszerű feldolgozhatóságuknak, valamint elérhető árúknak köszönhető. Sok alkalmazás, technikai vívmány, termék nem létezne korszerű, könnyű, nagy szilárdságú műanyag alapanyagok nélkül.

Napjainkban ugyanakkor a hagyományos műanyagok használatát egyre kritikusabban szemléli a társadalom, amely kritika alapvetően két fő okra vezethető vissza. Az egyik, hogy a műanyagokat kőolajszármazékból állítják elő, amely egy véges erőforrás, így idővel nem lesz fenntartható az előállításuk. A másik pedig, hogy a műanyag termékek használatuk után azok könnyen a hulladéklerakóban köthetnek ki hulladék-felhalmozódási problémát, rosszabb esetben környezetszennyezést okozva.

Ezen problémákra ad egy lehetséges megoldást az úgynevezett biopolimerek, vagy köznapibb jellegű szóhasználattal élve bioműanyagok alkalmazása. Bioműanyag alatt megújuló erőforrásból előállítható és egyben biológiai úton lebontható (környezetbe visszaforgatható) műanyagokat értünk. A bioműanyagokból már napjainkban is nagyon sokféle terméket hoznak létre, ugyanakkor alkalmazásuk és hulladékként történő kezelésük még kevésbé ismert a társadalom számára. Sok tévhit övezi ezen alapanyag-család használatát, így célom, hogy ezek a tévhiteket eloszlassam, valamint, hogy tisztázzam a bioműanyagok fogalmát és helyét a körforgásos gazdasági modellben.

**Biopolimerek / Bioplastics – closing the loop**

FORRÁS / SOURCE: EUROPEAN BIOPLASTICS



1. ábra

**Kulcsszavak:**

bioműanyagok, műanyagok, tévhitek, szemléletformálás

**Kapcsolódó publikációk:**

Tábi T.: Tények és tévhitek a biopolimerekkel kapcsolatban - I. rész (másodközlés), *Polimerek*, 7, 2021, 298-301

Tábi T.: Tények és tévhitek a biopolimerekkel kapcsolatban - II. rész (másodközlés), *Polimerek*, 7, 2021, 337-340



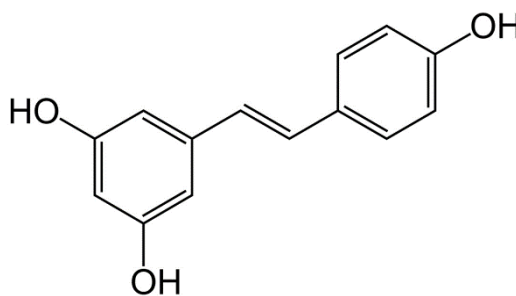
### 3.10 Stabilizátorok szerepe a polietilén újrahasonosításában; Természetes eredetű antioxidánsok alkalmazása

Tátraaljai Dóra

Vegyészmérnöki és Biomérnöki Kar, Fizikai Kémia és Anyagtudományi Tanszék

A polietilén az egyik legnagyobb mennyiségben gyártott és alkalmazott műanyag a világon. A jelenlegi energiaválság és a felhalmozódó műanyag hulladék mennyisége, valamint a szigorodó környezetvédelmi előírások is arra ösztönzik az ipart, hogy egyre nagyobb mennyiségben alkalmazzanak másodlagos nyersanyagot, ezzel közelítve a körkörös gazdaság megvalósulását. Az újrahasonosításnak több típusa van. A legegyszerűbb és legkisebb energiaigényű eljárás a mechanikai újrahasonosítás, amikor különböző válogatási és mosási lépések után újrafeldolgozzák a műanyagot, a kémiai szerkezet megváltoztatása nélkül. A mechanikai újrahasonosítás során számos nehézséggel kell szembenézni, ilyen a polimerek degradációja, kémiai szerkezetének megváltozása is. Rendszerint minden iparban használatos adalékcsoomag tartalmaz legalább egy primer és egy szekunder antioxidáns, hogy a megfelelő védelmet biztosítani tudják. A jelenleg alkalmazott szintetikus fenolos antioxidánsok és bomlástermékeik azonban a környezetbe, élő szervezetbe kerülhetnek, és lehetséges hatásuk még nem teljesen ismert. Következésképpen célunk, hogy a szintetikus stabilizátorokat természetes eredetű antioxidánsokkal helyettesítsük. A legkedvezőbb, ha agrár-élelmiszeripari hulladékokból származó természetes kivonatokat alkalmazunk, mert így az újrstabilizálás költségei is csökkenthetőek. A borászati melléktermékek gazdagok értéknövelt bioaktív molekulákban, például fenolsavakban, flavonoidokban, antociánokban és transz-rezveratrolban. Mivel Magyarországon jelentős mennyiségű ilyen hulladék keletkezik, aminek kihasználtsága nem kielégítő, kézenfekvő, hogy figyelmünket ebbe az irányba fordítsuk.

Kutatómunkám során, az elmúlt évek alatt számos természetes eredetű antioxidáns stabilizálóképességét tanulmányoztam. Jelenlegi munkám során a sztilbénec csoportjába tartozó transz-rezveratrol (1. ábra) feldolgozási stabilizáló hatékonyságát vizsgáltam és hasonlítottam össze egy antioxidánsokban gazdag



1. ábra

szőlőhéj kivonattal, valamint egy ipari fenolos antioxidánssal, 1000 ppm mennyiségben alkalmazva az adalékokat. Minden adalékcsoport tartalmazott 1000 ppm mennyiségben szekunder foszforos antioxidánst is, illetve vizsgáltuk az adalékmentes polimer tulajdonságait is. Az alkalmazott kivonat nagy polifenol tartalma és nagyfokú reakciója modell gyökkel szemben, figyelemre méltóan erős antioxidáns aktivitásra utal. Az LC-MS/MS mérés alapján elmondható, hogy a kivonat

nem túl jelentős mennyiségben tartalmaz transz-rezveratrolt és kvercetin, de sok egyéb antioxidáns, mint a miricetin, izorhamnetin és származékaik is kimutathatók voltak benne. Kísérleteim során az újrahasznosítást egymást követő hatszori extrúzióval modellezem. Minden extrúzió után mintát veszek és vizsgálom a kémiai szerkezetben, folyóképességben, oxidációra való hajlamban és a színben bekövetkező változásokat.

Az alkalmazott szőlőhéjkivonat hatékonysága a többszöri extrúzió során nagyobb, mint a referenciaként használt szintetikus fenolos antioxidánsé, vagy a tiszta rezveratrolé. Hosszútávú stabilitást azonban a kivonat nem biztosít a polimernek, oxigénben dús környezetben a műanyag gyors oxidációja figyelhető meg. Ezzel ellentétben a rezveratrollal és az ipari fenolos antioxidánssal kis oxidációra való hajlamot mértünk. A fenti eredmények alapján azt a következtetést vonhatjuk le, hogy az antioxidánsok kémiai szerkezetének különbségei miatt eltérő mechanizmus szerint zajlik a stabilizálási reakció. A gyakorlatban érdemes lehet a kivonatot tiszta rezveratrollal dúsítani, így kiváló adalékot kaphatunk, mely feldolgozási és hosszútávú stabilitást is biztosít a műanyagnak.

Köszönetnyilvánítás: a kutatást a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal (NKFIH) támogatta (TKP2020 IES, BME-IE-BIO, OTKA-129270, OTKA PD 138507)

#### **Kulcsszavak:**

*műanyag, újrahasznosítás, stabilizálás, természetes antioxidáns*

#### **Kapcsolódó publikációk:**

*D. Tátraaljai, Y. Tang, E. Pregi, E. Vági, V. Horváth, B. Pukánszky, Stabilization of PE with Pomegranate Extract: Contradictions and Possible Mechanisms, Antioxidants 11(2) (2022) 418.*

*K. Takacs, D. Tátraaljai, E. Pregi, P. Huszthy, B. Pukánszky, Synthesis and evaluation of a novel natural-based phosphine antioxidant for the thermal stabilization of polyethylene, Journal of Thermal Analysis and Calorimetry 147(22) (2022) 12513-12522*

### 3.11 Zero Waste Kampusz

Pokol Júlia

Építészmérnöki Kar, Exploratív Építészeti Tanszék

Zero Waste Campus című kutatásomban BME kampuszának kontextusában vizsgáltam a lokális hulladékgyűjtés, -szelekció és -újrahasznosítás lehetőségeit. Ennek alapját a holland Precious Plastic Movement világszinten működő műanyag újrahasznosító mozgalom ingyenesen és szabadon hozzáférhető tudásanyaga adta, melyet az egyetemi kampusz keretein belül gondoltam újra.



Feltételezésem szerint a lokális újrahasznosítást ötvözve a BME-karok szaktudásával és a hallgatók lelkesedésével olyan körforgásos működés alakítható ki a kampuszon, ami nagymértékben csökkenti az intézmény ökológiai lábnyomát. A párhuzamosan futó doktori és ÚNKP kutatás keretében ennek elméleti és gyakorlati oldalát is vizsgálom. A doktori kutatásom főként a jelenlegi szelektív gyűjtés szükséges reformjára és a lokális, közösségi

újrahasznosítással kapcsolatos tudásanyag megteremtésére irányul, míg az ÚNKP keretében egy műhely struktúrájának felépítésére, kialakítására teszek kísérletet.

**EGYÜTTMŰKÖDŐK**

**ZERO WASTE CAMPUS**

**! SZELEKTÁLJ**  
**! GYŰJTSD A KUPAKOKAT**  
**! CSÖKKENTSD A SZEMETED**  
**! VÉDD A KÖRNYEZETED**  
**! CSATLAKOZZ A MEGÚJULÁSHOZ**  
**! SZÍNESÍTSD A KERÜLETED**  
**! TEREMTS ÉRTÉKET**

KERESS MINKET FACEBOOKON:  
[facebook.com/ZW.campus](https://facebook.com/ZW.campus)

**DÉRI MIKSA UTCA CSŐSZHÁZ**

Amellett, hogy a környezettudatosság és az ehhez kapcsolódó edukáció központi kérdés a témám kapcsán, a közösségi újrahasznosítás lehetőséget teremthet az egyetemi karok közti tudáscserére is, valamint szakemberek és cégek becsatornázására az egyetemi képzésbe. Ennek kezdő lépéseit, illetve a megvalósítás lépcsőfokait járom körül az újrahasznosítás gyakorlati igényeit figyelembe véve, illetve hogy milyen megoldások segítik a körforgásosság gördülékeny és széleskörű megvalósítását.

A kutatás további célja, hogy a Műegyetem kampuszát városi struktúrához hasonlítva az intézményen modellezem a körforgásos hulladékgazdálkodás műanyagokkal foglalkozó szegmensét. Kihhasználva az egyetem szemléletformáló szerepét, a projekt kidolgozása és a hozzá kapcsolódó kísérletezés akár más intézmények és nagyobb városrészek működésére is pozitív hatással lehet, ötletet adhat a körforgásos működési modell adaptálásához. Mivel hasonló, lokális újrahasznosítást célzó kezdeményezés a gyakorlatban csak pár intézményben indult el, főként más kontinenseken és nem az intézmény részeként, így a BME fenntartói intézményként az elsők között kezdhet egy körforgásos, fenntartható kampusz kialakításába.



**Kulcsszavak:**

*lokális, újrahasznosítás, műanyag, közösség*

**Kapcsolódó publikációk:**

<http://uflab.org.hu/portfolio/towards-a-zero-waste-campus/>

<https://re.public.polimi.it/bitstream/11311/1220827/1/EAAE-ARCC%202022%20conference%20Kevin%20Santus.pdf>



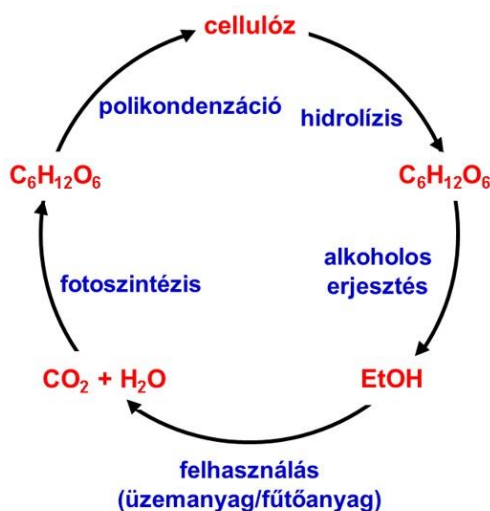
## 3.12 Fenntartható szerves vegyipar (gyógyszeripar) – Zöldkémiai kihívások a fejlesztések során

Dr. Keglevich György

Vegyészmérnöki és Biomérnöki Kar, Szerves Kémia és Technológia Tanszék

A vegyipari tevékenység, ezen belül különösen a gyógyszer-, növényvédőszer- és finomkémiai ipar, komoly hatással lehet az élővilágra és a környezetünkre, ezáltal ránk is, ezért – a levegő, víz és talaj szennyezésének elkerülésére – szigorú szabályok vannak érvényben. E mellett folyamatosan kell törekednünk a biztonságos technológiák bevezetésére, ill. a meglévő eljárások zöldítésére. A komplex feladathalmazból itt most néhány fontosabbat emelünk ki.

1. Fosszilis alapanyag helyett a megújuló cellulóz-alapú etanolra alapozzunk. A széndioxid (CO<sub>2</sub>) körforgását az 1. ábrán szemléltetjük [1]. Oláh György Nobel-díjas a metanol alapú gazdaságban hitt [1].



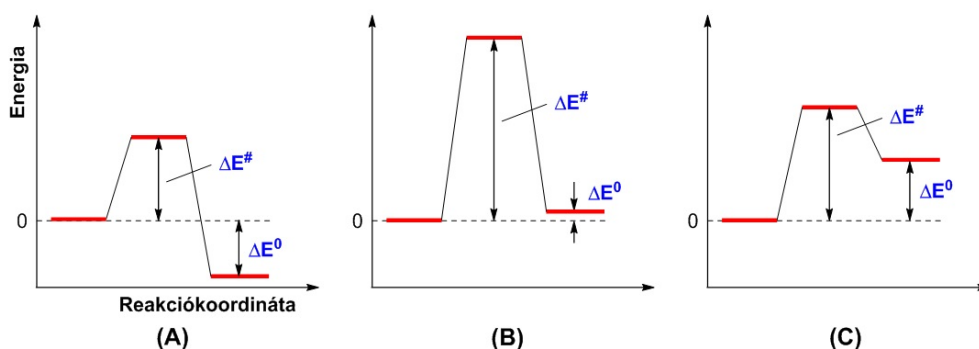
1. ábra A széndioxid körforgása.

2. Olyan reakciókat alkalmazzunk, amely esetekben a kiindulási anyagok minél több atomja beépül a termékbe. Atomhatékony reakciók az addíció, izomerizáció és polimerizáció, míg kevésbé atomhatékonyak a szubsztitúciók, eliminációk és fragmentációk.
3. Célszerűbb megelőzni a hulladékképződést, mint utána a megsemmisítéssel bajlódni. Az oldószer emisszió elkerülése érdekében csökkenteni kell az oldószerek használatát, ill. zöldekre kell őket cserélni. Néhány zöldnek tekintett oldószer pl. a kukoricacsutkából nyert 2-metil-tetrahidrofurán, a

tejsavészterek ( $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{C}(\text{O})\text{OR}$ ), a dialkil-karbonátok ( $(\text{RO})_2\text{C}(\text{O})$ ), vagy az ionfolyadékok.

4. Kerülendők az extrém körülmények. Az ideális reakciók szobahőmérsékleten és atmoszferikus nyomáson (vagy legalábbis enyhe körülmények között) játszódhatnak le. Ezt segítik elő a katalizátorok (azáltal, hogy csökkentik az aktiválási entalpiát).
5. Hatékony és szelektív reakciómegvalósítást tesz lehetővé a mikrohullámú (MW) besugárzás [2,3].

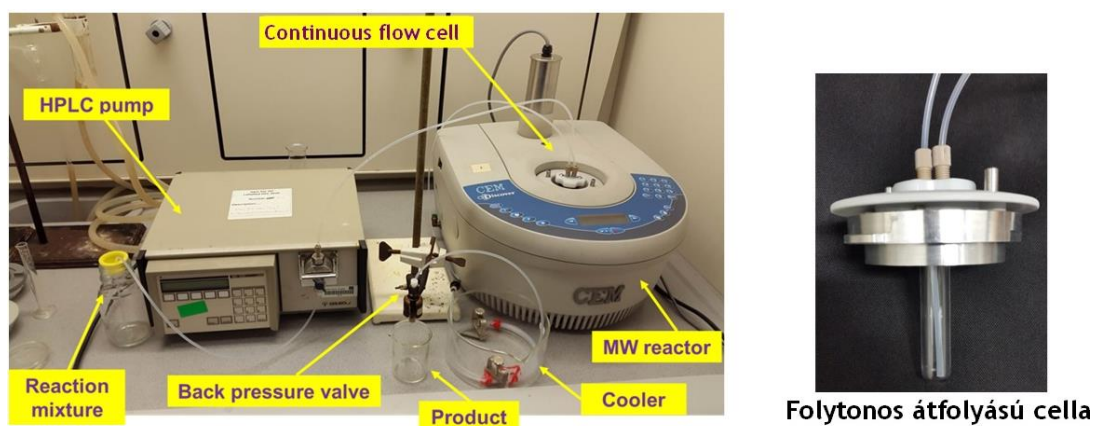
A MW reakciómegvalósítás ideális alanyai a magasabb ( $120\text{--}180 \text{ kJ mol}^{-1}$ ) aktiválási entalpiával rendelkező átalakítások (lásd „B”). Az exoterm reakciók („A”) esetében felesleges, az endoterm folyamatoknál („C”) meg kevésbé hatékony a MW besugárzás (2. ábra) [2–4].



2. ábra Tipikus reakciólefutások.

MW besugárzással katalizátorok válthatók ki, ill. katalizátor rendszerek egyszerűsíthetők.

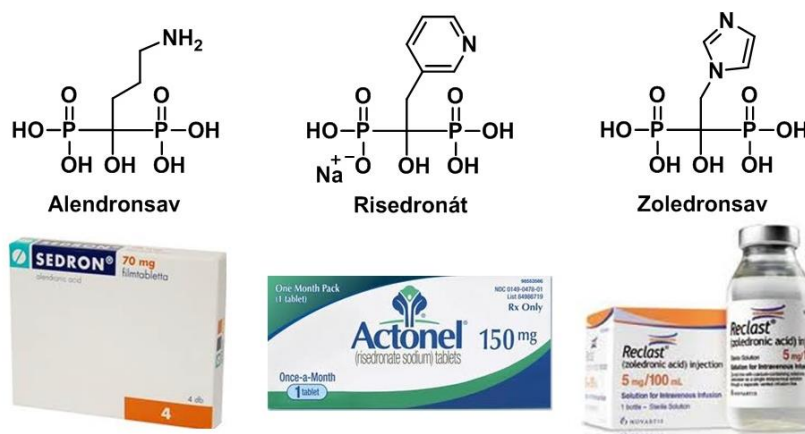
Folyamatos reakciómegvalósítás növelheti a hatékonyságot (3. ábra).



3. ábra MW besugárzással segített folyamatos reakciómegvalósítás.



6. A hatékonyság érdekében célszerű optimalizálni a kémiai átalakításokat (eljárásokat). Mind az elégtelen átalakulás, mind a túlreagáltatás elkerülendő, ugyanis elválasztási problémákhoz vezetnek. Másrészt a reagensek mennyisége ill. molaránya is gondosan beállítandó. Tipikus példa erre a csontbetegségek gyógyítása során alkalmazott dronsav-származékok szintézise (4. ábra) [5].



4. ábra Dronsav-származékok mint csontbetegségek gyógyszerei.

#### Kulcsszavak:

széndioxid körforgás; hulladékprobléma; katalízis; mikrohullámú reakciómegvalósítás

#### Kapcsolódó publikációk:

Keglevich Gy. Oláh György „tanainak” felhasználása az oktatásban. *Magy. Kém. Lapja* 2018, 73, 310–312.

Keglevich G.: Perspectives in green chemistry – Microwave irradiation as a substitute for catalysts; Case studies from organophosphorus chemistry. *Curr. Green Chem.* 2018, 5, 131–135.

Keglevich Gy.: Trendek és lehetőségek az ipari szerves kémia környezetbarátabbá tételére. *Magy. Kém. Lapja* 2020, 75, különszám 25–28.

Keglevich Gy.: Munkára fogott mikrohullámok. *Élet és Tudomány* 2013, 22, 691–693.

Garadnay S., Grün A., Keglevich Gy., Neu J.: Új eljárás dronsavak gyógyszeripari előállítására. *Magyar szabadalmi bejelentés, HUP1100071*, 2011; Novel process for the preparation of dronic acids. *WO2012107787*, 2012.



M Ű E G Y E T E M 1 7 8 2

# 4.0 LÉG-, TALAJ- ÉS VÍZSZENNYEZÉS, VÍZGAZDÁLKODÁS/KARBON KIBOCSÁTÁS ÉS A GLOBÁLIS FELMELEGEDÉS

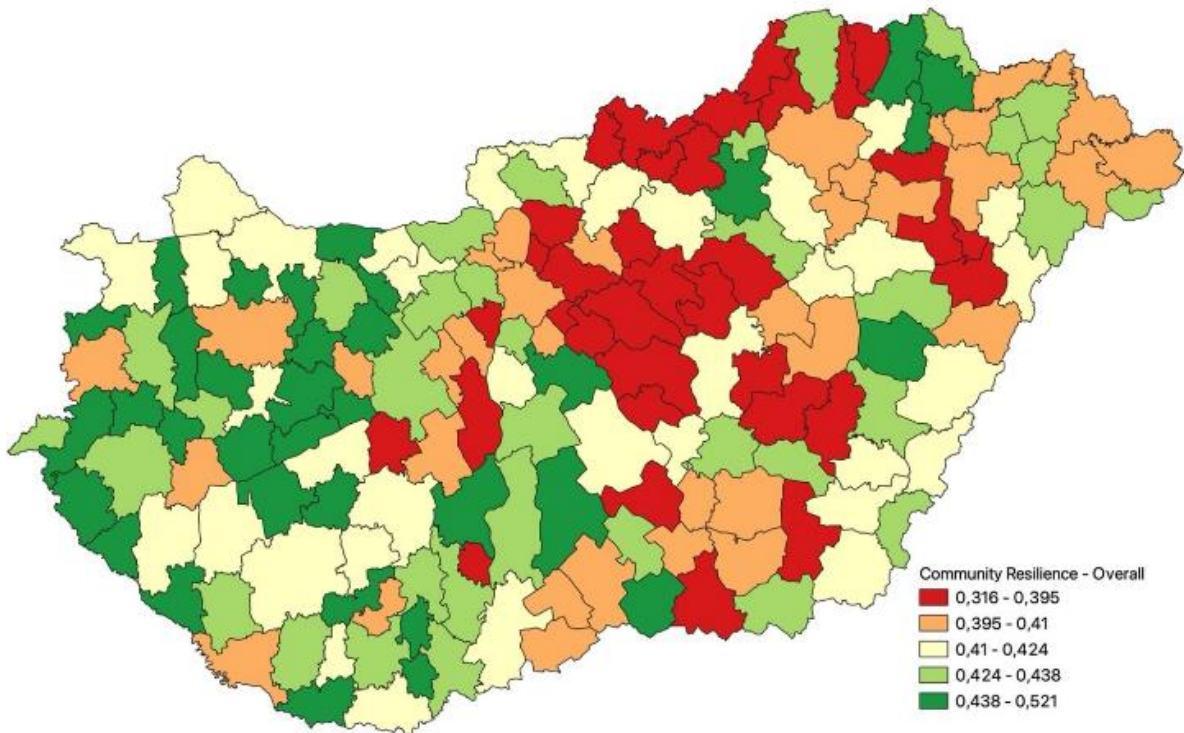
## 4.1 Az alkalmazkodóképesség és lock-in jelenség szerepe a fenntarthatóságban

Csizovszky Anna

Gazdaság- és Társadalomtudományi Kar, Környezetgazdaságtan és Fenntartható Fejlődés Tanszék

A fenntarthatóság felé történő átmenet biztosítása a 21. század legnagyobb kihívásai közé tartozik. Az emberi tevékenységek indukálta környeztkárosítás, az erőforrások kihasználása szükségessé tették a korábbi szemléletmód gyökeres átalakítását, a fenntarthatóság előtérbe helyezését. Azonban a fenntarthatósági törekvéseket számos tényező hátráltatja; a klímaváltozás következményei már napjainkban is érzékelhetőek, és a jövőben csak fokozódni fognak, emellett az utóbbi években tanúi lehettük egészségügyi, gazdasági és energia kríziseknek is, így az alkalmazkodóképesség szerepe felértékelődik.

A közösségi reziliencia, mint a közösségek azon képessége, hogy megbirkózzanak a külső negatív hatásokkal, és képesek legyenek alkalmazkodni a megváltozó körülményekhez kiemelt szerepet játszik a fenntartható helyi fejlődésben. Emellett ugyanakkor szükséges felismerni, hogy a város és területfejlesztési beavatkozásokat, a mitigációs és adaptációs lehetőségeket kényszerpályák, berögzödések, ún. lock-inek hátráltatják, melyek eredhetnek a már meglévő társadalmi-gazdasági normák, gyakorlatok, kialakított infrastruktúrák lehetőségeket szűkítő hatásából éppúgy, mint technológiai adottságokból, vagy a tervezés során meghozott döntésekből.



Kutatásomban az alkalmazkodóképesség és lock-in jelenség fenntarthatóságra gyakorolt hatásával foglalkozom a hazai terület- és településfejlesztési környezetben. Ennek érdekében lock-in elemzést végeztem Budapest egyik kerületének példáján; az eredmények azt mutatják (Táblázat 1), hogy az infrastruktúra, intézményi és viselkedési berögződések vizsgálata nagy hozzáadott értéket képvisel a beavatkozások tervezésekor. Jelentősége abban rejlik, hogy a fenntarthatósági elemzésekben korábban rejtve maradó, ugyanakkor kulcsfontosságú szempontok integrálását teszi lehetővé az intézkedések ex-ante fázisában, ezáltal hozzájárul a nem kívánt kimeneteleinek mérsékléséhez.

Emellett szeretném bemutatni egy nemzetközi gyakorlatban elterjedt közösségi reziliencia mérésére alkalmas indikátor rendszer (BRIC) hazai környezetbe való integrálását. A kialakított keretrendszer 5 dimenzióban (társadalmi, gazdasági, közösségi, infrastruktúra és környezeti) összesen 36 mutatót tartalmaz, ennek segítségével mértem a magyar járások közösségi rezilienciáját. Az eredmények felhívják a figyelmet az gyors (szub)urbanizáció fenntarthatóságot veszélyeztető aspektusaira, valamint az ország keleti és nyugati fele közötti anomáliákra.



|   |  | Infrastruktúra lock-in                                      | Intézményi lock-in   | Viselkedési lock-in   |   |
|---|--|---|--|---|---|
| Egészséges környezet, energetikai megújítás | Víztározók, záportározók létrehozása               | csapadékelvezetés   |  | szemléletváltás kell  |   |
|   | Középületek energetikai megújítása                 | beragadt emissziócsökkentés, megújulók nem kihasználása     |  | szellőző rendszerekkel szembeni ellenállás                              |   |
|   | Megújuló energiaforrások használatának elősegítése | létező infrastruktúra limitálhatja a lehetőségeket          | nem elegendő ösztönzés   | potenciális pénzügyi vagy egyéb nyereség megítélési képességének hiánya |   |
| Közszolgáltatások minősége és elérhetősége  | Szakorvosi rendelő bővítés, korszerűsítés          | beragadt emissziócsökkentés                                 | ugyanúgy alulfinanszírozott rendszer, struktúrájában változatlan |   |   |
|   | Uszodafejlesztés                                   | beragadt emissziócsökkentés, megújulók nem kihasználása     |  | mozgáskultúra előtérbe kerülése   |   |
| Identitás, közösségépítés, közbiztonság     | Identitás erősítő projektek                        |   |  | jobb helyi kötődés  | lehetőségek hiánya                                  |
|   | Biztonságos közterek                               | térfigyelő rendszer fejlesztés, bővítés                     |  | biztonságérzet  | megfigyeltségérzet                                  |
| Közlekedési hálózat fejlesztése             | Út- és elkerülő hálózat fejlesztése                | adott terület lekötése hosszú távra, mégis hamar tönkremenő | túlzott prioritizálás  | autó méginkább előtérbe kerülhet közösségi közlekedéssel szemben        |   |
| Települési infrastruktúra                   | Alközpontok fejlesztése                            | épület korszerűsítés, pozitív összkép                       | közterjesítés, alközpontok összeköttetése hiányzik               | finanszírozás problémás   | lakosság elszokott a kisebb központok használatától |
| Gazdaságfejlesztés                          | Munkahelyteremtés, Szarazhegyi munkahelyi övezet   | új helyi munkalehetőségek                                   | útépítés, terület lekötés, városi szétterülés                    | top-down  | befektetők elmaradása, esetleg ingázás növekedése   |

1. táblázat

**Kulcsszavak:**

fenntarthatóság, alkalmazkodóképesség, lock-in, közösségi reziliencia

**Kapcsolódó publikációk:**

Buzási, A. és Csiszovszky, A. (2021) „Fenntarthatóság és klímadaptáció a városfejlesztésben – lock-in elemzés Budapest XVII. kerületének példáján keresztül”, *Tér és Társadalom*, 35(1), o. 72–91. doi: 10.17649/TET.35.1.3291.



## 4.2 Hazai nagyvárosok hőhullámokkal szembeni sérülékenysége

Buzási Attila

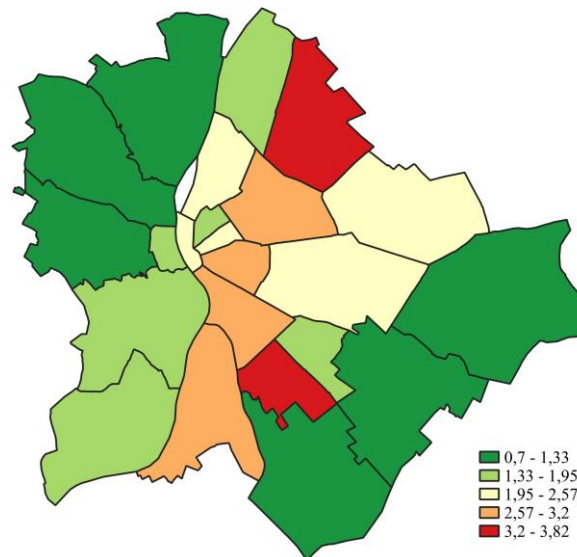
Gazdaság- és Társadalomtudományi Kar, Környezetgazdaságtan és Fenntartható Fejlődés Tanszék

A fenntartható fejlődés mellett korunk egyik legtöbbet hivatkozott kihívása a klímaváltozás által kiváltott negatív hatások csökkentése, melyet a tudományban alkalmazkodásnak, vagy más szóval klímaadaptációnak neveznek. Mivel a városok magas népsűrűséggel, sűrűn beépített területekkel és kiemelt gazdasági erővel bírnak, így ideális terepei a klímaadaptációs vizsgálatoknak. Jelen kutatás során a korábban megismert statisztikai adatok olyan műholdas felvételek elemzésével kerülnek kiegészítésre, melyek alapján tiszta képet kaphatunk a hazai nagyvárosok területhasználati és felszínhőmérsékleti változásairól, melyek alapvetően befolyásolják a hőhullámokkal szembeni alkalmazkodási képesség helyi mértékét és lehetőségeit.

Az előadás egyik alappillére az Urban Climate folyóiratban megjelent „Comparative assessment of heatwave vulnerability factors for the districts of Budapest, Hungary” c. cikk. A tanulmány célja volt Budapest 23 kerületének hőhullámokkal szembeni sérülékenységét feltárni társadalmi-gazdasági indikátorok, illetve térinformatikai módszerekkel feldolgozott távérzékelési adatok alapján. A jelenkori és jövőbeni városkutatási kihívások szempontjából releváns területről van szó, hiszen az emberi egészség egy olyan aspektusa került elemzésre, mely Magyarországon a demográfiai trendek, illetve a magas urbanizáltsági fok miatt is kiemelt fontossággal bír, nem beszélve a regionális klímamodellek által jósolt egyre intenzívebb és hosszabb hőhullámokról.

Az alkalmazott módszertan alapját összesen 12 indikátor adta, melyekhez a KSH adatbázisait, a Copernicus Land Monitoring Service és a U.S. Geological Survey távérzékelési adatait használtam, valamint egy esetben a Nemzeti Egészségbiztosítási Alapkezelő felé nyújtottam be adatigényt. Az eredmények alapján megállapítható, hogy az átlagos, hőhullámokkal szembeni sérülékenység a budai oldalon szignifikánsan alacsonyabb, mint a pesti oldalon (ld. 1. ábra); az eredmény az ismert környezeti, illetve társadalmi-gazdasági viszonyok miatt nem meglepő. Ugyanakkor három délkelet-pesti kerület (XVII., XVIII., XXIII.) kiemelkedően jó értéke már érdekes térbeli differenciálódásra mutat rá. Különösen igaz ez, hogy a két leggyengébben teljesítő kerület (XV. és XX.) az élbolyba tartozó területi egységek mellett helyezkedik el közvetlenül.

Az emberi egészséget tekintve kiemelendő a NEAK által szolgáltatott adatok abszolút értékeinek tanulsága: a budapesti kerületek mindegyikében a 65 év feletti legalább 70%-a (maximum közel 83%-a) 2019-ben legalább egyszer váltott ki szív- és érrendszeri betegségre felírt gyógyszert.



1. ábra

A kutatás második pillérét Budapest mellett Győr, Székesfehérvár, Pécs, Kecskemét, Szeged, Debrecen, Nyíregyháza és Miskolc elemzése adja. E vizsgálat során az Urban Atlas adatbázis által szolgáltatott területhasználati módok térinformatikai elemzését a Landsat műholdcsalád felvételeiből számított felszínhőmérsékleti viszonyok értékelése egészíti ki. A vizsgált időszak a 2006 és 2018 közötti időszakra terjed ki, ezáltal egy átfogó képet kaphatunk a hazai nagyvárosok klímaváltozással szembeni sérülékenységének egy specifikus szegmenséről. A kutatás ezen fázisa szervesen kapcsolódik korábbi kutatásaimhoz, úgymint az OTKA\_FK 137595. számú projekthez. A klímaadaptációs potenciállal kapcsolatos városi szintű vizsgálatok jelenleg csak a nemzetközi szakirodalomban érhetők el, melyek közül a hazai városokra fókuszáló kutatások száma igencsak limitált. A megvalósult elemzések jellemzően egy nagyon szűk problémakörre fókuszálnak és ritkán vegyítik a társadalmi-gazdasági, éghajlati és területhasználati adatokat. Megállapítható tehát, hogy a kutatás központi témájaként megjelenő városi klímaadaptációs potenciál a városkutatások egyik legújabb területének számít, különös tekintettel a regionális összefüggések feltárására.

**Kulcsszavak:**

*klímaadaptáció, hőhullám, város, sérülékenység*

**Kapcsolódó publikációk:**

*Buzási, Attila; Jäger, Bettina Szimonetta; Hortay, Olivér: Mixed approach to assess urban sustainability and resilience – A spatio-temporal perspective. CITY AND ENVIRONMENT INTERACTIONS 16 Paper: 100088 , 14 p. (2022)*

*Buzási, Attila: Comparative assessment of heatwave vulnerability factors for the districts of Budapest, Hungary. URBAN CLIMATE 42 Paper: 101127 , 17 p. (2022)*

## 4.3 Klímaváltozás és hőhullámok - épületeink szemszögéből

Szagri Dóra

Építőmérnöki Kar, Építőanyagok és Magasépítés Tanszék

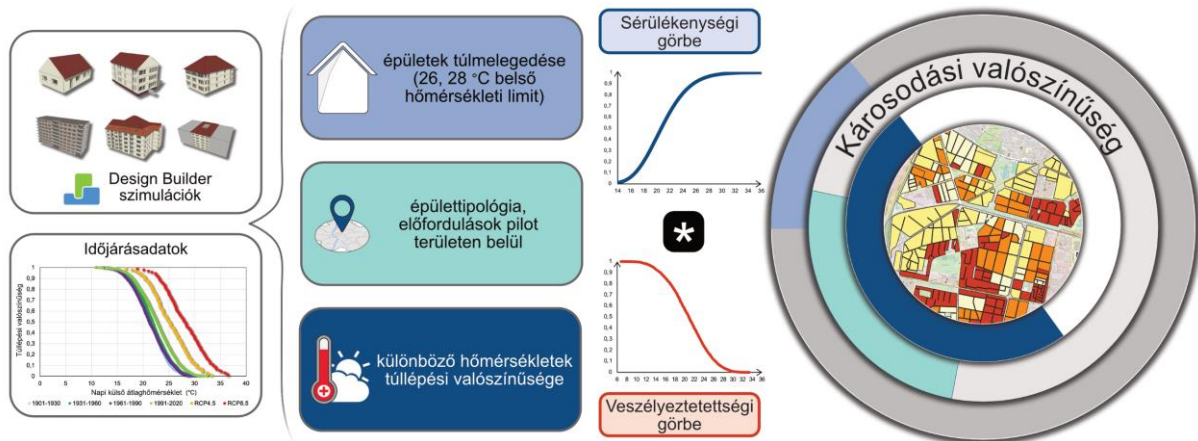
Az elmúlt évek eseményei és kutatásai felhívták a figyelmet a hőhullámok miatti rendkívül magas többlethalálózásra. Az előrejelzések alapján a szélsőséges időjárási események, hőhullámok száma és intenzitása a jövőben emelkedni fog. Számos kutatás készült azzal a céllal, hogy előrejelezze a városok, városrészek sérülékenységét vagy akár segítse az adaptációt.

Kutatásunk a nyári túlmelegedés vizsgálatát célozza meg. Mivel életünk nagy részét épületekben töltjük, ezért fontos elemezni, hogyan viselkednek a felmelegedett környezetben és hogyan, milyen stratégiákkal emelhetjük a komfortérzetünket.

Kutatásunk egyik része, a lakóépületek monitoring mérésekkel történő vizsgálata. A monitoring mérésekkel hosszútávon rögzíteni tudjuk az épületekben és lakásokban tapasztalható főbb légállapot paramétereket, pl. hőmérséklet, relatív páratartalom, szén-dioxid koncentráció, illetve lehetőségünk van felhasználói szokásokkal kapcsolatos mérésekre is, mint például az ablaknyitás módja és gyakorisága, redőnymozgatás vagy jelenlét-érzékelés. Az így kapott eredmények több szempontból is fontosak lehetnek, egyrészt a lakók is tudják hasznosítani a mérési eredményeket, tudják optimalizálni épületüzemeltetési szokásaikat, kutatói oldalról pedig nagyobb biztonsággal tudunk létrehozni felhasználói profilokat, továbbá validálhatjuk az elkészült dinamikus épületszimulációinkat, számszerűsíteni tudjuk az adott épülettípus vagy lakás nyári túlmelegedését.

A kutatás másik nagy egysége a monitoring mérés mellett a dinamikus szimuláció. A vizsgált épületek háromdimenziós szimulációs modellje alkalmas további vizsgálatok végzésére, azaz elemezhetünk felújítási opciókat, optimális épületüzemeltetési stratégiákat vagy pl. jövőbeli klímaszenáriók hatását az épületekre adott körülmények között. A felmelegedés számszerűsítésével pedig a különböző esetek jobban összehasonlíthatóvá válnak. A szimulációk alkalmasak továbbá paraméterérzékenység-vizsgálat elvégzésére is, mellyel megállapítható, hogy az adott épülettípus milyen tényezőkre a legérzékenyebb a nyári túlmelegedés szempontjából.

A szimulációk és monitoring mérések segítségével lehetőségünk van kimutatni, hogy melyen épülettípusok sérülékenyebbek a hőhullámok szempontjából. Ilyen adatok birtokában pedig akár városrészekre, városokra vonatkozóan is tudunk adatot szolgáltatni az épületek sérülékenységeire. Ezáltal pedig a paramétert be tudjuk vonni további sérülékenységi vizsgálatokba, melyek szocio-ökonómiai paramétereket is tartalmaznak.



### Kulcsszavak:

épületek túlmelegedése, monitoring, dinamikus szimuláció, hőhullám

### Kapcsolódó publikációk:

Szagri, Dóra ; Szalay, Zsuzsa: *Theoretical Fragility Curves – A Novel Approach to Assess Heat Vulnerability of Residential Buildings*, SUSTAINABLE CITIES AND SOCIETY 83 Paper: 103969 (2022)

Szagri, Dóra ; Kairlapova, Ainur ; Nagy, Balázs ; Szalay, Zsuzsa: *Calibration of a summer building simulation model based on monitoring of user behaviour*, ACTA POLYTECHNICA CTU PROCEEDINGS (2022)

## **4.4 A LIFE – Városi Eső projekt bemutatása: lépések az éghajlatváltozáshoz alkalmazkodó városi csapadékvíz-gazdálkodási rendszerek irányába**

Varga Laura, Dr. Buzás Kálmán, Decsi Bence, Dr. Honti Márk, Dr. Knolmár Marcell, Dr. Kozma Zsolt, Strausz Tímea, Ács Tamás

Építőmérnöki Kar, Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszék

A szélsőséges csapadék- és hőmérsékleti események gyakoriságának növekedése jelentős hatással van a városi környezetre és a csapadékvíz-elvezető rendszerekre. A nagyváros jellegéből adódóan Budapest a legmagasabb kockázatú területek közé tartozik Magyarországon a kedvezőtlen hatások szempontjából.

A 2021-ben indult, részben Európai Unió forrásból megvalósuló LIFE - Városi Eső projekt (LIFE in RUNOFF, LIFE20 CCA/HU/001774, varosieso.hu) Budapest klímastratégiájában kitűzött célokkal összhangban a városok éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodását támogatja. A projekt fő célkitűzései közé tartoznak

- az éghajlatváltozásnak leginkább kitett hatásviselők meghatározása éghajlati előrejelzésekkel és lefolyásmodellezéssel támogatott sérülékenység vizsgálatokkal;
- a város léptékű csapadékvíz-gazdálkodás elősegítése a csapadékvíz visszatartására leginkább alkalmas területek lehatárolásával és a leghatékonyabb csapadékvíz-gazdálkodási módszerek meghatározásával;
- lokális, demonstrációs célú vízvisszatartási és vízhasznosítási megoldások tervezése és megvalósítása;
- köz- és magánegyüttműködési modellek, valamint útmutatók és segédletek kidolgozása a magán csapadékvíz-gazdálkodási megoldások létesítésének elősegítésére.



Az egyes célok elérését különböző megközelítéssel és eszközzel támogatjuk. A Budapest léptékű vízviszatartás lehetőségeinek elemzéséhez egy vízmérleg alapú döntéstámogató szoftvert alkalmazunk. A demonstrációs célú beavatkozások tervezését részben egyszerű, dinamikus vízmérleg számításokkal, részben pedig komplex, nagy tér- és időbeli felbontású numerikus lefolyásmodellekkel végzett szimulációkkal segítjük. A klímaváltozás hatásainak értékeléséhez és a modellek meghajtásához a jövőbeli csapadék idősorokat klímamodellek leskálázásával állítjuk elő. Az előadásban az eddigi eredményeket és a készülőben lévő munkarészeket ismertetjük azzal a céllal, hogy rámutassunk a vízviszatartást célzó beavatkozások lokális és település-léptékű tervezésének sajátosságaira és lehetőségeire.

**Kulcsszavak:**

*csapadékvíz-gazdálkodás, kék-zöld infrastruktúra, éghajlatváltozás, klímaadaptáció*

**Kapcsolódó publikációk:**

*Ács, Tamás ; Buzás, Kálmán ; Decsi, Bence ; Honti, Márk ; Knolmár, Marcell ; Kozma, Zsolt ; Strausz, Tímea; Varga Laura: A LIFE-VÁROSI ESŐ projekt bemutatása: lépések az éghajlatváltozáshoz alkalmazkodó városi csapadékvíz-gazdálkodási rendszerek irányába. In: Szlávik, Lajos; Kaszás, Gábor (szerk.) A Magyar Hidrológiai Társaság XXXIX. Országos Vándorgyűlés dolgozatai. Budapest, Magyarország : Magyar Hidrológiai Társaság (MHT) (2022) Paper: 0317 , 8 p.*

## 4.5 Épületek optimalizációja a teljes életciklusra vetített környezeti hatás szempontjából

Dr. Szalay Zsuzsa és Kiss Benedek

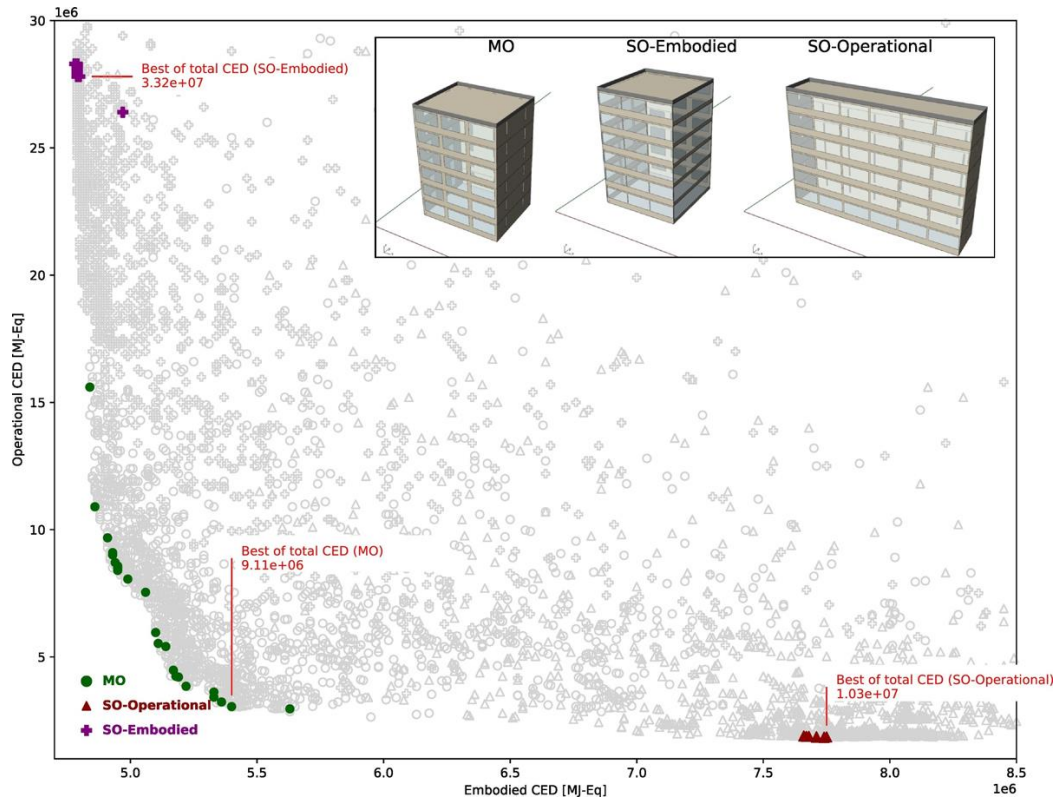
Építőmérnöki Kar, Építőanyagok és Magasépítés Tanszék

Az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentése a következő évtizedek egyik legnagyobb kihívása. Az épületek jelenleg a globális kibocsátások közel 40%-áért felelnek, de az Európai Unió ambíciózus víziója szerint a cél, hogy 2050-re a teljes épületállomány karbonsemlegessé váljon. A meglévő épületállomány minél gyorsabb energetikai megújulása érdekében az éves felújítási rátát legalább kétszeresre kívánják növelni a közeljövőben, és 2030-tól már csak nulla kibocsátású új épületek építhetőek.

Az épületszektor kibocsátásának nagyjából kétharmadát az üzemeltetés, főleg az energiafelhasználás jelenti, viszont a maradék egyharmad az építőanyagok kitermeléséhez, gyártásához és beépítéséhez kötődik. Ez is jól mutatja, hogy az energiahatékonyság fokozása mellett az is nagyon fontos, hogy miből építünk és milyen anyagokat használunk a felújításhoz, hiszen az anyagok előállítása, szállítása és beépítése is okoz környezetterhelést. Megfelelő anyagválasztással a kibocsátások tovább csökkenthetőek. Eddig erről kevesebb szó esett, hiszen energiapazarló régi épületeinkben az üzemeltetés még a teljes életciklusra vetített kibocsátások 80-90%-áért felelt. Ugyanakkor a mai követelmények szerint készült épületekben kiegyenlítődik, megfordul ez az arány. Az üzemeltetési szakasz környezetterhelése kisebb lett, cserébe megnőtt az építőanyagok, az építés terhelése, mert többlet szigetelésre, gépészetre, megújuló energia hasznosító rendszerekre van szükség. Az épületek teljes életciklusra vetített környezeti hatását az életciklus-elemzés módszere segítségével vizsgálhatjuk, az építőanyagok kitermelésétől kezdve az üzemeltetési energiaigényen, a javításokon és cseréken keresztül a bontásig.

Kutatásunkban egy olyan optimalizációs keretrendszer fejlesztettünk, amelynek segítségével automatikusan meghatározhatóak a környezetterhelés és költség szempontból optimális épület kialakítások. A célfüggvény az energiafogyasztás és a teljes életciklusra vetített környezeti hatások, illetve költség minimalizálása megfelelő hőkomfort biztosítása mellett. A változók például az épületszerkezeti rétegrendek, a hőszigetelés típusa és vastagsága, az ablakok aránya és típusa a homlokzaton. A rendszer moduláris felépítésű, ami lehetővé teszi a különböző részletességű vizsgálatok beépítését, például az energiaigény meghatározható egyszerűsített, havi módszerekkel vagy dinamikus szimulációval. A keretrendszer

hasznosítható épületek tervezésénél már a korai tervezés szakaszában, meghatározhatóak azok a geometriai és épületszerkezeti kialakítások, melyeknek a legalacsonyabb az energiafogyasztása és környezetterhelése. Segítheti az energiastratégiai döntéshozatalt is, hiszen képes nagy számú alternatíva gyors, automatizált vizsgálatára.



1. ábra: Épületkialakítás többcélú (MO) és egycélú (SO) genetikusan alapuló optimalizációja a kumulatív energiaigény csökkentése céljából

#### Kulcsszavak:

épület, klímaváltozás, életciklus-elemzés, optimalizáció

#### Kapcsolódó publikációk:

Kiss, Benedek; Szalay, Zsuzsa: Modular approach to multi-objective environmental optimization of buildings AUTOMATION IN CONSTRUCTION 111 p. 103044 Paper: 103044 (2020), IF = 7.7

Kiss, Benedek; Szalay, Zsuzsa: Sensitivity of buildings' carbon footprint to electricity decarbonization: a life cycle-based multi-objective optimization approach INTERNATIONAL JOURNAL OF LIFE CYCLE ASSESSMENT 2022 pp. 1-20. , 20 p. (2022) IF = 5,257

## 4.6 Munkahelyi mobilitástervezés a fenntartható közlekedésért

Esztergár-Kiss Domokos, Aba Attila

Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar, Közlekedéstechnológiai és Közlekedésgazdasági Tanszék



A közlekedés során a forgalmi torlódások jelentősen csökkentik egy város élhetőségét, mivel idővesztést okoznak a közlekedőknek, a károsanyag kibocsátáson keresztül pedig a városlakók egészségesre is negatív hatással vannak. A munkahelyre vagy a munkahelyről történő utazás a reggeli és délutáni csúcsforgalom legjelentősebb okozója, ami a pandémia időszakát követően is az egyik legjelentősebb utazási motiváció maradt. A munkahelyi mobilitási tervek a munkáltatók lehetőségeit tárják fel annak érdekében, hogy ezek az utazások a fenntarthatóbb módon valósuljanak meg.

Munkahelyi közlekedési tervek készítésével és megvalósításával hatékonyan támogatható a fenntartható közlekedés előremutató koncepciója. A tervezési folyamat három szakaszból áll: a tervezés, a megvalósítás és az értékelés, melyek közül az elsőre helyeztük a hangsúlyt. Ahhoz, hogy ezeket a terveket be lehessen vezetni az intézményeknél, szükséges felmérni a jelenlegi helyzetet, összegyűjteni a mobilitási szokások megváltozását ösztönző javaslatokat, áttekinteni a folyamatban résztvevő érdekelték igényeit és folyamatba történő bevonásának lehetőségeit és kidolgozni a mobilitás tervezés lépéseit.

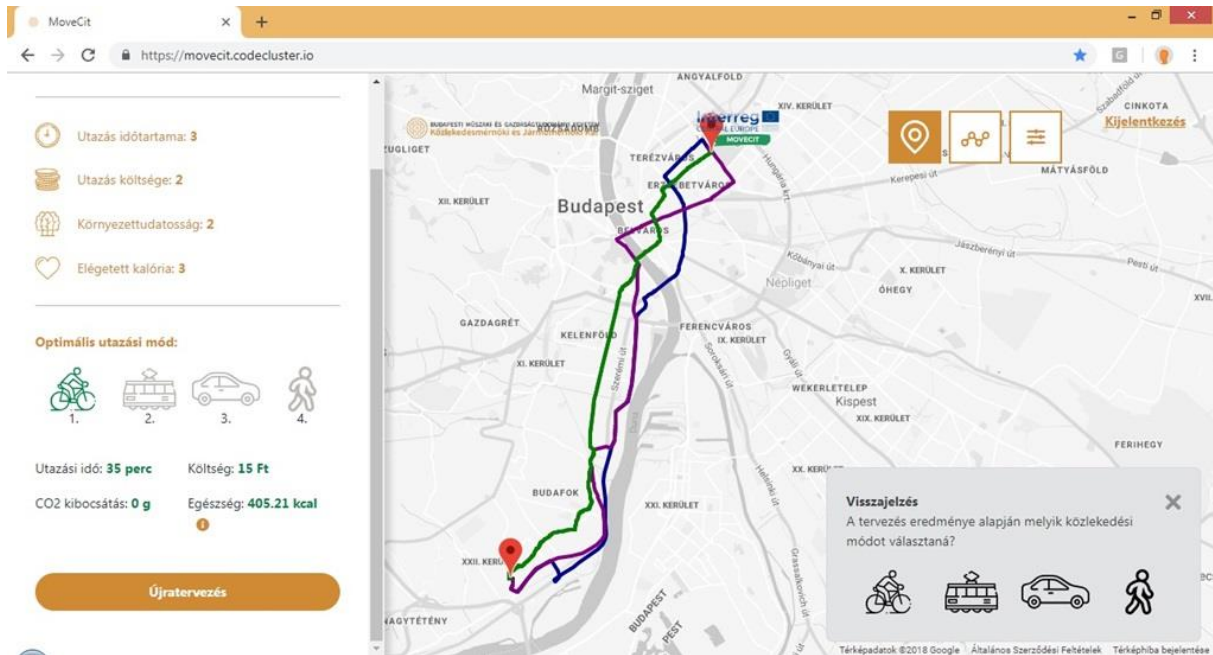
A kidolgozott módszertan három fő lépést fed le: a jelenlegi szokások, igények és lehetőségek elemzését, az érdekelt felek bevonásának módját és a lehetséges intézkedések összegyűjtését és kidolgozását. A módszertanban kidolgozott tervezési folyamattal meg lehet határozni azokat az intézkedéseket, amelyek leghatékonyabban szolgálják a fenntartható mobilitási formák elterjedését a munkavállalók napi utazásai során.

A munkahelyi közlekedési tervek arra ösztönzik a munkavállalókat, hogy aktív közlekedési módokat válasszanak, és fenntartható utazási szokásokat alakítsanak ki. A kutatás során a munkahelyi közlekedési tervekhez kapcsolódóan egy olyan keretrendszert dolgoztunk ki, amely összekapcsolja a munkavállalók elvárásait a munkaadók szándékaival és a munkahely egyedi lehetőségeivel. A módszer kimenete egy olyan lista, amely egy adott munkahely tekintetében a leginkább megfelelő intézkedéseket tartalmazza. Az egyes intézkedések hasznosságát egy több szempont alapján meghatározott érték mutatja meg, így lehetővé válik az intézkedések rangsorolása. A kutatás eredménye alapján a legmagasabban rangsorolt intézkedések az aktív közlekedési módokhoz kapcsolódnak, míg más magasan rangsorolt intézkedések különböző stratégiákhoz kötődnek, például a gépjárműmegosztás, a gyaloglás támogatása és a forgalomcsillapítás.

A kutatás során egy olyan alkalmazást is kifejlesztettünk, amely a Budapesten és környékén dolgozók munkahelyi mobilitási döntéseinek támogatására szolgál. Az alkalmazásban különböző közlekedési módokat lehet összehasonlítani négy indikátor alapján, melyek az utazási idő, az utazás költsége, a környezeti hatás és az utazó egészségére gyakorolt hatás.

A kifejlesztett webalkalmazás fő innovációja, hogy az utazók közlekedési preferenciáit felmérjük és ez alapján segítjük a leginkább megfelelő közlekedési mód (autó, közösségi közlekedés, kerékpár, gyaloglás) kiválasztását. A felhasználó a kapott eredmények alapján tisztább képet kap a különböző közlekedési módok előnyeiről és hátrányairól. Az alkalmazás használatával várhatóan a napi munkahelyi/iskolai utazási rutin befolyásolható a fenntarthatóbb közlekedés elérése érdekében.





### Kulcsszavak:

*mobilitástervezés, ingázás, közlekedési módvlasztás, fenntartható intézkedések*

### Kapcsolódó publikációk:

*Esztergár-Kiss D., Braga Zagabria C. (2021) Method development for workplaces using mobility plans to select suitable and sustainable measures, Research in Transportation Business & Management, Vol. 40, paper 100544, DOI: 10.1016/j.rtbm.2020.100544*

*Esztergár-Kiss D., Shulha Y., Aba A., Tettamanti T. (2021) Promoting sustainable mode choice for commuting supported by persuasive strategies, Sustainable Cities and Society, Vol. 74, paper 103264, DOI: 10.1016/j.scs.2021.103264*

## 4.7 Vízi környezetben megjelenő mikroszennyező- anyagáramok mérése és modellezése

Kardos Máté Krisztián, Jolánkai Zsolt, Knolmár Marcell, Dudás Katalin Mária,  
Koncsos Tamás, Clement Adrienne

Építőmérnöki Kar, Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszék

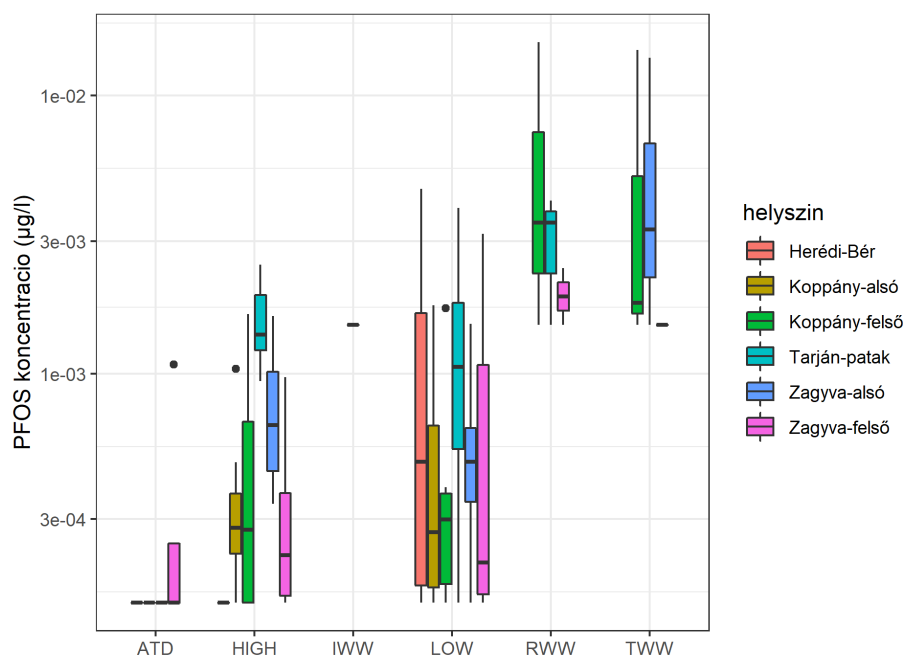
Szerves és szervetlen anyagok sok évtizede kerülnek a környezetbe; sorsuk és viselkedésük iránt azonban főleg az utóbbi években nőtt meg az érdeklődés, miután fény derült rá, hogy – a környezetbe kikerülve sokuk perzisztens, bioakkumulációra hajlamos és már egész kis koncentrációban is toxikus. Környezeti mintákból való kimutatásuk – részben az alacsony koncentrációk miatt – rendkívül erőforrás-igényes. Ezen anyagok megbízható feltérképezése ugyanakkor elengedhetetlen a környezeti kockázatok számbavételéhez, mérsékléséhez, a veszélyes anyagokkal való fenntartható gazdálkodás megalapozásához.

Az elmúlt években több hazai és nemzetközi kutatás keretében vizsgáltuk, hogy egyes antropogén forrásokból származó mikroszennyezők milyen mértékben vannak jelen a vízi környezetben. A kutatás célja a különböző forrásterületről származó, eltérő hidrológiai időszakokban megjelenő, vízfolyások által közvetített anyagáramok számba vétele és elkülönítése volt. Az előadásban a célzott mérési programok és modell számítások eredményeit foglaljuk össze.

A mérésekhez a MILAB “okos folyók” program keretében kifejlesztettünk egy automata, a vízjárás tulajdonságait figyelembe vevő műszert, amely áramellátás nélküli helyszíneken is képes az árhullámok karakterisztikáját lekövető mintavételre. Az eszközt a csapadékot követő lefolyás programozott kompozit mintázására használtuk több kutatási projekt keretében.

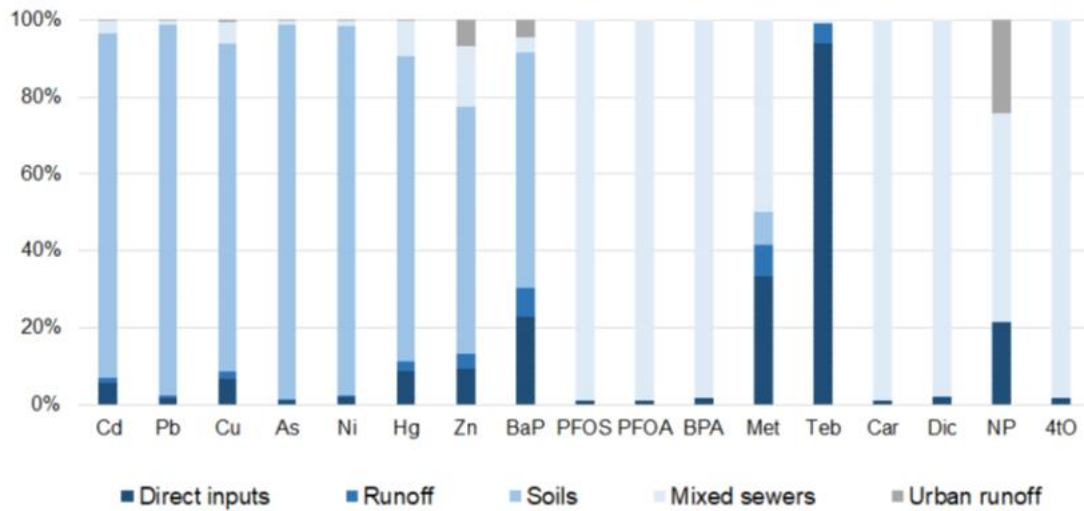
A belterületi lefolyások szennyezettségének vizsgálatát egy KEHOP projekt támogatásával végeztük. Ennek keretében magyarországi települések kisvízfolyásaiból és csatornahálózataiból vettünk mintát csapadékesemények idején. A kutatás toxikus fémek, PAH vegyületek és növényi tápanyagok körére terjedt ki.

A folyamatban levő Danube Hazard m3c Transznacionális Interreg projekt keretében különböző területi kiterjedésű vízgyűjtőkön – köztük a magyarországi Koppány- és Zagyva vízgyűjtőn – vizsgáltuk a mikroszennyezők transzport folyamatait. Az anyagáramok költséghatékony meghatározásához kompozit mintázáson alapuló monitoring programot valósítottunk meg. A vízfolyások esetében a vízjáráshoz igazodó mintavételt vízminőségi paraméterek online mérésével egészítettük ki, mely lehetővé tette az anyagáramok pontosabb meghatározását. A mérésbe bevont anyagokat a mikroszennyezők jellemző antropogén forrásait figyelembe véve választottuk ki, így többek között két gyógyszermaradvány (Diklofenák és Karbamazepin), az ipari emissziókat reprezentáló PAH vegyületek, a perfluorooktán-szulfonsav (PFOS és vegyületei), toxikus fémek, továbbá két peszticid (Tebukonazol és Metolaklór) vizsgálatára került sor a partner intézmények laboratóriumaiban (1. ábra).



A mért koncentrációkat / számított terheléseket összevetettük a mintavételi ponthoz tartozó vízgyűjtő területhasználati tulajdonságaival és a csapadékesemény jellemzőivel (regressziós modellek). Egy belterületi helyszínen folyamat-alapú modellt illesztettünk a mért eredményekre. A Koppány- és a Zagyva-patakokon folytatott mérések a mintaterületekre vonatkozó emissziós modellek kalibrációját segítették.

A belterületi lefolyás esemény-átlagkoncentrációjának becslése lehetséges a vízgyűjtőterület területhasználati tulajdonságainak: a burkolt felületek arányának, valamint a maximális csapadékintenzitásnak és az esemény csapadékmennyiségének függvényében. Egyes anyagok különböző mátrixokban mért koncentrációja kirajzolja azok forrását, terjedési útvonalait. Példaként az 1. ábrán a PFOS koncentrációja látható. A magyar mintaterületeken végzett mérések demonstrálják az anyag domináns szennyvíz eredetét. A mérési eredményeket folyamat leíró modellekbe építve lehetővé vált a különböző források és terjedési útvonalak anyag típusokra jellemző szerepének meghatározása (3. ábra). A Duna vízgyűjtőre felépített modellel a mikroszennyezők hatékony szabályozását megalapozó forgatókönyv elemzések végezhetők (2. ábra).



### **Kulcsszavak:**

vízminőség, mikroszennyezők, vízminőségi monitoring, vízminőség-modellezés

### *Kapcsolódó publikációk:*

*Budai, Péter; Kardos, Máté Krisztián ; Knolmár, Marcell ; Szemán, Gábor ; Turczel, József ; Clement, Adrienne: Development of an autonomous flow-proportional water sampler for the estimation of pollutant loads in urban runoff ENVIRONMENTAL MONITORING AND ASSESSMENT 192 : 9 Paper: 572 (2020). <https://doi.org/10.1007%2Fs10661-020-08536-3>*

*Kardos, M.K.; Budai, P. and Clement A.: Application of different land use / land cover databases for estimating urban runoff delivered pollutant loads. In: Hatvani, IG; Erdélyi, D; Fedor, F (szerk.) GeoMATES '22 International Congress on Geomathematics in Earth- and Environmental Sciences: the 22nd Congress of Hungarian Geomathematicians Pécs, Magyarország: MTA Pécsi Akadémiai Bizottság (MTA PAB) (2022) p. 48 , 1 p.*

*Bhomia, RK. ; Clement, A ; Látrányi-Lovász, Zs ; Kaur, R ; Rousseau, DPL. ; Louage, F ; Wang, Q ; Hatvani, IG: Case Studies of (Semi)Constructed Wetlands Treating Point and Non-point Pollutant Loads to Protect Downstream Natural Ecosystems In: Mehner, T; Tockner, K (szerk.) Encyclopedia of Inland Waters : Second Edition Amsterdam, Hollandia : Elsevier (2022) pp. 300-317. <https://doi.org/10.1016%2FB978-0-12-819166-8.00150-X>*

*Jolánkai, Zsolt ; Kardos, Máté Krisztián ; Clement, Adrienne: Modification of the MONERIS Nutrient Emission Model for a Lowland Country (Hungary) to Support River Basin Management Planning in the Danube River Basin WATER 12 : 3 Paper: 859 (2020). <https://doi.org/10.3390%2Fw12030859>*

*Decsi, Bence; Ács, Tamás ; Jolánkai, Zsolt ; Kardos, Máté Krisztián ; Koncsos, László ; Vári, Ágnes ; Kozma, Zsolt: From simple to complex – Comparing four modelling tools for quantifying hydrologic ecosystem services ECOLOGICAL INDICATORS 141 p. 109143 Paper: 109143 (2022). <https://doi.org/10.1016%2Fj.ecolind.2022.109143>*



## 4.8 A vízbiztonság kulcsa a kék-zöld tájhasználat és a stabil hidrológiai ciklus

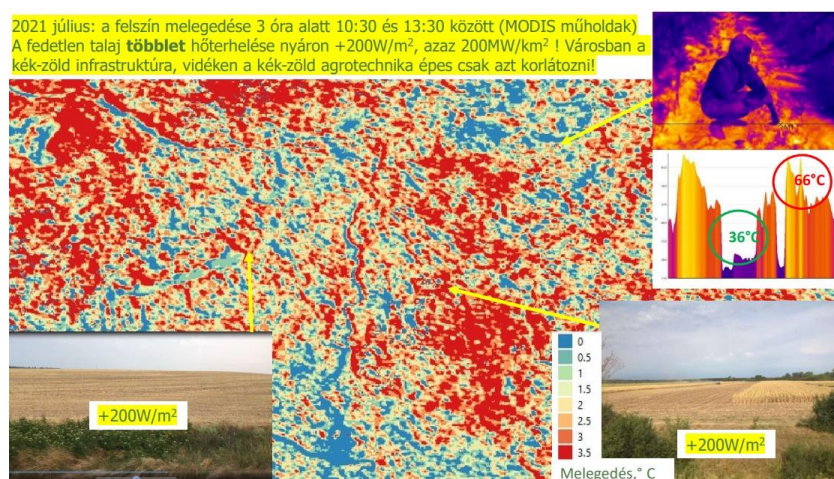
Báder László

Építőmérnöki Kar, Vízépítési és Vízgazdálkodási Tanszék

A vízellátás biztonsága a fenntarthatóság egyik alapvető eleme. A kutatás célja a vízbiztonság tágabb értelemben vett vizsgálata, ahol a hidrológiai ciklus funkcionális elemzése és a párolgás van a központban. A víz körforgása a légkörben, felszínen és a felszín alatt nemcsak a szárazföldi életet ellátó folyamat, hanem olyan szabályozó rendszer, amelyben a víz nélkülözhetetlen energiaszállító szerepet is játszik.

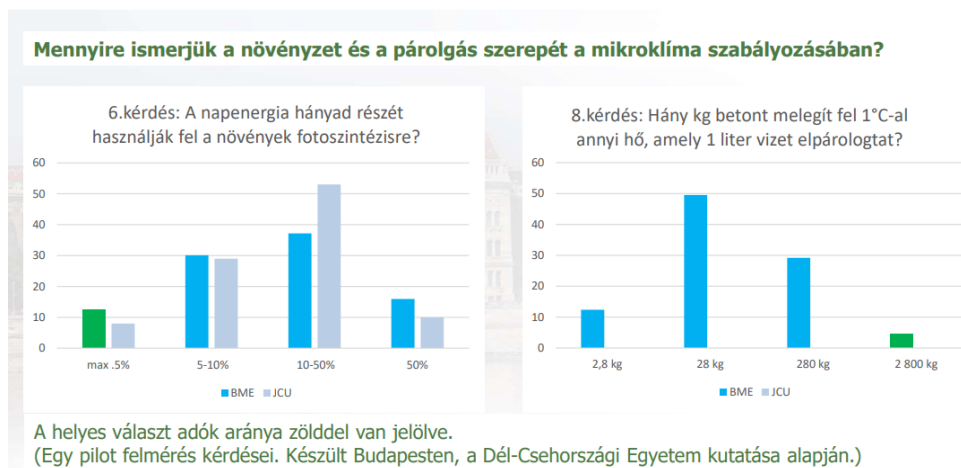
A felszínborítás megváltoztatása hatással van a napenergia felhasználására és elosztására. A városi hősziget jelenségnél jól kimutatható, hogy nyáron a beépített területek a környezetüknél melegebbek. A felszínborítás változása és a párolgás csökkenése azonban nagyobb léptékben is hasonló következményekkel jár.

Nyár közepén a besugárzással érkező hő elszállításához a legtöbb helyen már nem áll rendelkezésre elegendő mennyiségben víz, amely elpárologva, látens hőként távozva segítené a hőkiegyenlítést. A párolgás hiánya súlyos rendellenességeket okoz: szabályzó (a besugárzás hatását mérséklő) negatív visszacsatolás helyett gerjesztő, pozitív visszacsatolás alakulhat ki. Tovább melegszik a környezet, még nagyobb lesz a páraigény, de nincsen a párolgáshoz elegendő víz. Egyre nagyobb területek hőmérséklete emelkedik a környező területek hőmérséklete fölé, nagyobb méretű hőfoltok, „táji hőszigetek” alakulhatnak ki. Hiányzik a hő elvezetéséhez szükséges víz.



A kontinenseken a környezeti problémák jelentős részét a területi és éghajlati adottságoknak hosszú távon nem megfelelő tájhasználat okozza. Ha alulértékeljük a párolgás szerepét a hőforgalomban és nem tartalékolunk elég vizet a tájban a melegebb időszakok párolgására, akkor a táj hőszabályozó képességét csökkentjük.

A víz jó hőmérséklet stabilizáló képességgel rendelkezik (lassabban melegszik, vagy lassabban hűl, mint más anyag). A fajhőnél azonban több nagyságrenddel nagyobb a víz párolgáshője:  $2480 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$ . Egy kg (1 liter)  $20^\circ\text{C}$ -os víz párolgásához  $2480 \text{ kJ}$  energia szükséges. Ezt az energiát – hőt –, a felszínről elpárolgó víz a környezetéből veszi fel, és „viszi magával”, mint látens hőt és hűti a környezetét. Ezeket a tényeket és a folyamatokat a jelentőségét azonban nem tudatosítjuk eléggé. Ezt erősíti meg egy több mint 100 résztvevőből álló felmérés is.



A táj fokozottabb felmelegedésből következik, hogy nő a párolgási igény. Ha a párolgáshoz szükséges víz mennyisége csökken (a rendszerből elvesztjük a „hőcserélő folyadékot”), akkor kevesebb lesz a párolgás, következményként pedig a hőszállító, energiaátadási folyamatok hatékonysága gyengül. Ha megvizsgáljuk Magyarország vízmérlegét, megállapíthatjuk, hogy több víz lenne elérhető környezetünkben a párolgáshoz, igaz nem mindig akkor és ott, ahol éppen szükség lenne rá, de a víznek a tájba való visszavezetése egyre sürgetőbb.

1. A víznek rendkívüli szerepe van a hőforgalomban. A párolgás és az általa elszállított hő a szárazföldek hőháztartásának a kulcsa. A folyamat hatékonyságát a halmazállapot-változás biztosítja. A víz hiánya szélsőségekhez és sivatagosodáshoz vezethet.
2. A fenntarthatósághoz nem csak a lakossági, ipari, mezőgazdasági vízigényeket kell kielégíteni, hanem az éghajlati vízigényt is, sőt, elsősorban azt kell kielégíteni. A víz körforgása, a táji szintű vízellátás biztosítása teremti meg a kiegyensúlyozott környezeti állapotokat, és ezáltal biztosítja a vízellátás feltételeit.

Az éghajlatváltozás kezelése soha nem látott kihívás elé állítja az emberiséget. A természetet csak erőforrásnak tekintve nem juthatunk el a probléma gyökeréig. Rendszerszemlélettel, a táji elemek rendszerfunkcióinak megértésével – és azok működésének megőrzésével - tudunk csak fenntartható megoldásokat kialakítani. A vízkörzés stabilitásának megőrzéséhez, paradox módon az kell, hogy „elegendő” mennyiségű vizet „pazaroljunk” (=biztosítsunk!) párolgásra!

**Kulcsszavak:**

*Vízbiztonság, hidrológiai ciklus, párolgás, hősziget*

**Kapcsolódó publikációk:**

*Magyarország vízmérlegének elemzése az éghajlatváltozás tükrében. In: Szlávik, Lajos; Kaszás, Gábor (szerk.) A Magyar Hidrológiai Társaság XXXIX. Országos Vándorgyűlés dolgozatai. Budapest, Magyarország Magyar Hidrológiai Társaság (MHT) (2022) Paper: 0501, 17 p.*

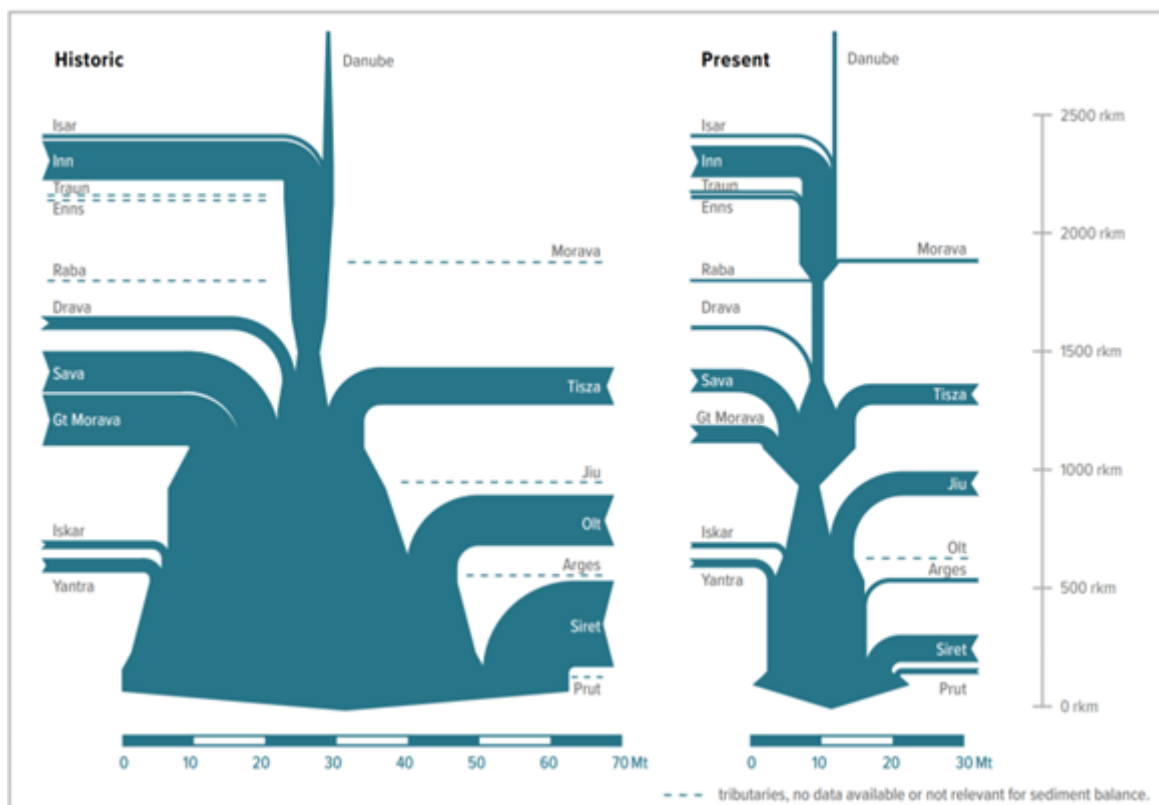
*A párolgás szerepe és a "táji hőszigetek" hatása az éghajlati energia- és vízmérlegre. LÉGKÖR: AZ ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI INTÉZET SZAKMAI TÁJÉKOZTATÓJA 66/3 pp. 16-21. 6 p. (2021)*

## 4.9 Folyók fenntartható hordalékgazdálkodásának megalapozása

Baranya Sándor

Építőmérnöki Kar, Vízépítési és Vízgazdálkodási Tanszék

A folyók meghatározó szerepet játszanak életünkben társadalmi, gazdasági és környezeti szempontból egyaránt. Vízkészletüket számos területen kiaknázzuk pl. ivóvíz, öntözés, erőművek hűtése, hajózás, rekreáció stb. céljára, állapotuk megőrzése, javítása emiatt kulcskérdés. Az emberi beavatkozások (pl. szabályozások, mederanyag kitermelések, duzzasztók építése, klímaváltozás) hatására a folyóinkban vándorló hordalék hosszmenti és időbeli jellemzői jelentősen átalakultak (1. ábra).

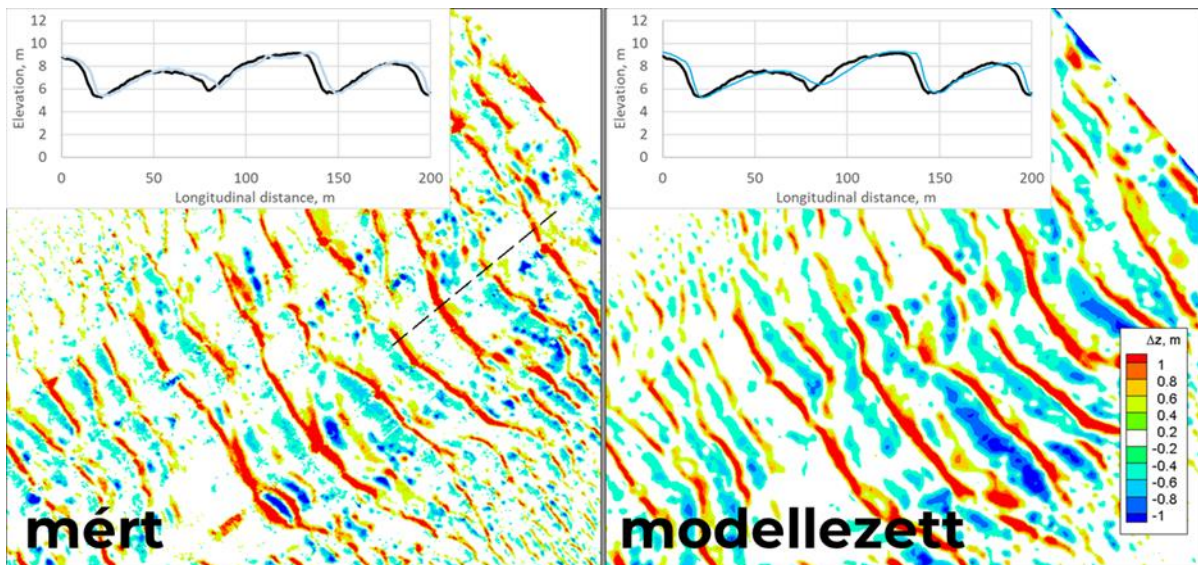


1. ábra: A Duna hordalékháztartása (fönről lefelé a forrástól a torkolatig) a vízlépcső építések előtti (bal) és utáni időszakban.



A folyóink hordalékmérlegének felborulása az ún. szabadfolyású szakaszok (tehát nem duzzasztott terek) mélyülését okozta, a Duna medre hazánkban pl. ez elmúlt 60 évben átlagosan majdnem két méterrel lesüllyedt, de más folyóinknál is hasonló tendenciák mutathatók ki.

A medermélyülés számos területen kedvezőtlen hatásokat vált ki: pl. a talajvíztábla süllyedését, a hajózhatósági viszonyok romlását, az élőhelyek degradálódását vagy akár az árvízszintek emelkedését. Ahhoz, hogy ezeket a negatív folyamatokat megállítsuk, a folyók vízával való gazdálkodás mellett fontos szerepet kell kapnia a hordalékkal való gazdálkodásnak is, hiszen a hordalék hiánya, vagy éppen a hordaléktöbblet a kiváltó oka a fenti problémáknak. Kutatásunk célja, hogy jobban megértsük hazai nagy folyóink (Duna, Tisza, Dráva) alakváltozási folyamatait, mert alapvető kérdés, hogy az említett kedvezőtlen medermélyülések tartanak-e még, vagy elérték-e már folyóink a beavatkozások hatására megváltozott új egyensúlyi állapotukat. Célunk továbbá olyan modellezési eljárások kifejlesztése, amelyek képesek előrejelzést adni a folyók morfológiai alakulására (pl. 2. ábra), és megfelelő alapot szolgáltatnak restaurációs beavatkozások tervezéséhez.



2. ábra: Mért és modellezett dűnevándorlás a Mississippi folyón.



**Kulcsszavak:**

*folyók, hordalék, terepi mérés, szimuláció*

**Kapcsolódó publikációk:**

*Pomázi F, Baranya S. 2022. Acoustic based assessment of cross-sectional concentration inhomogeneity at a suspended sediment monitoring station in a large river. Acta Geophysica, 1-17*

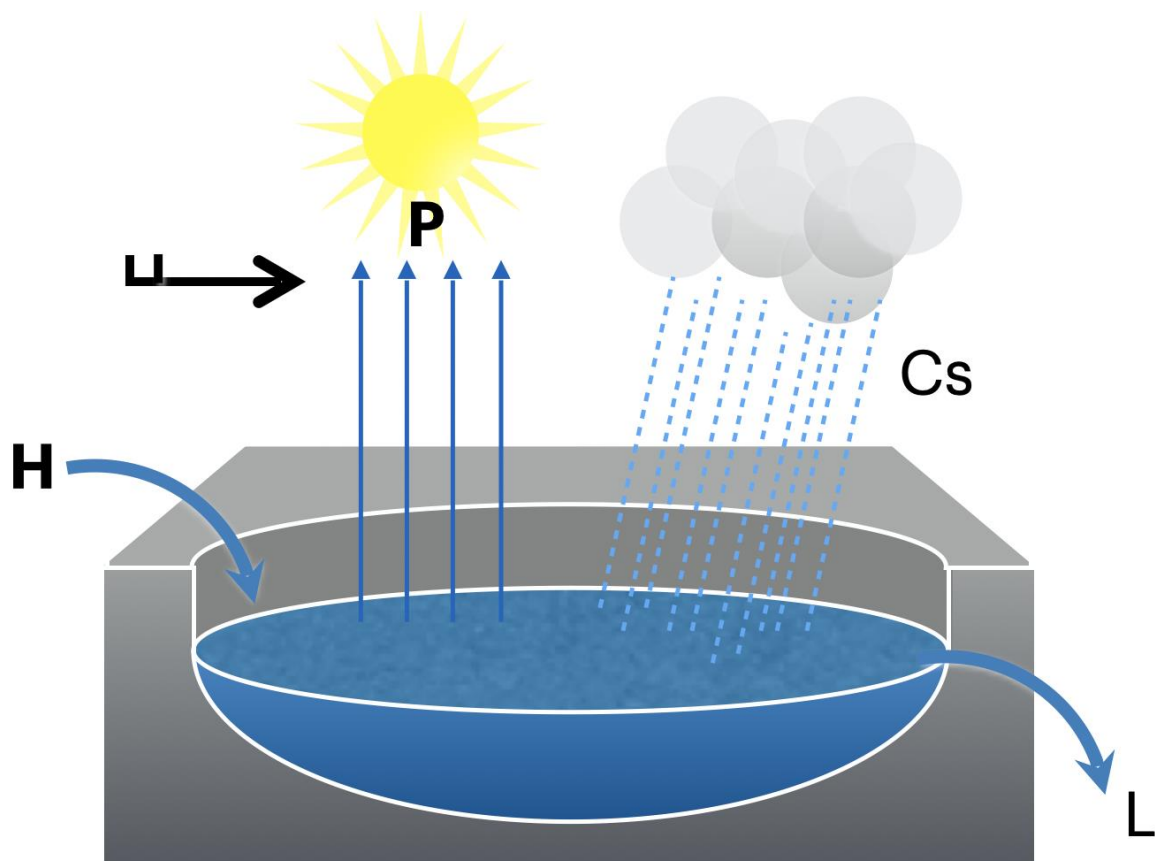
*You H, Muste M, Kim D and Baranya S. 2021. Considerations on Acoustic Mapping Velocimetry (AMV) Application for in-situ Measurement of Bedform Dynamics. Front. Water 3:715308. doi: 10.3389/frwa.2021.715308*

## 4.10 A Balaton fenntartható vízszintszabályozása

Honti Márk

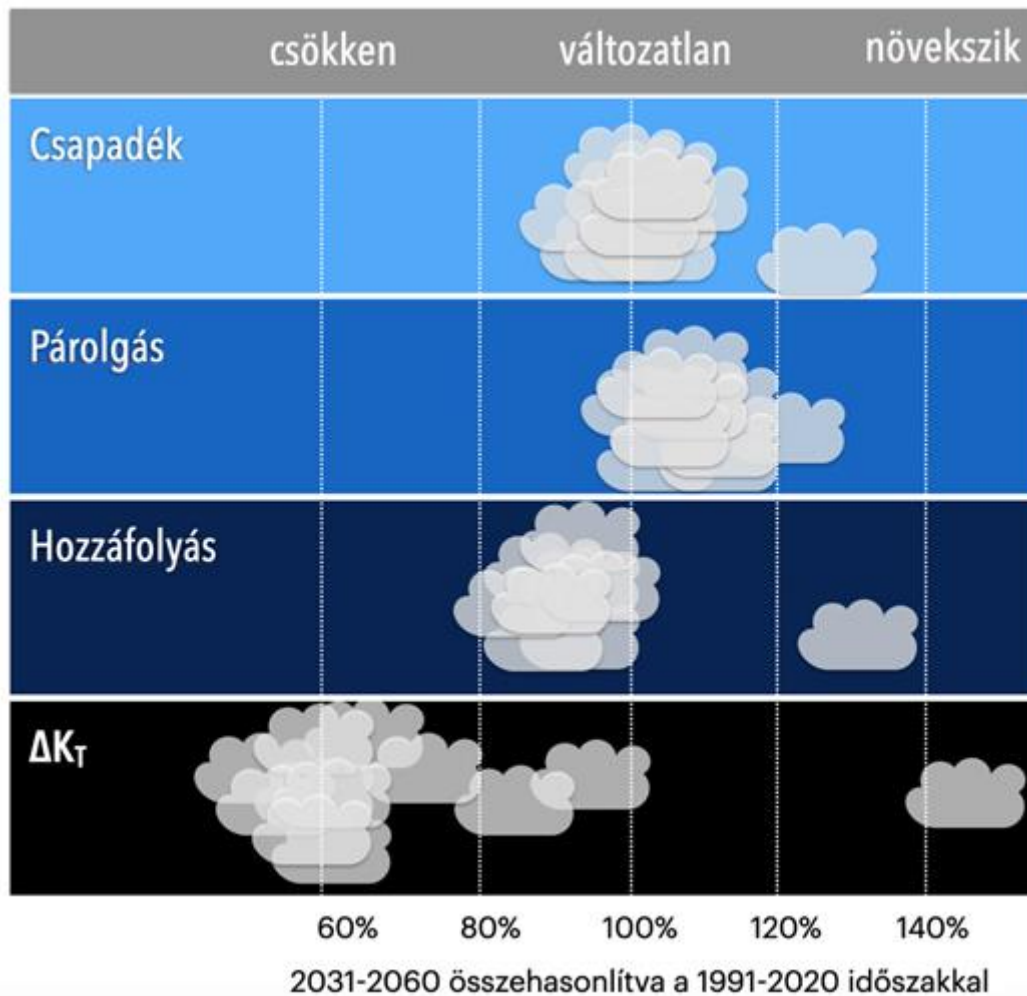
Építőmérnöki Kar, Vízépítési és Vízgazdálkodási Tanszék

A Balaton vízhozartása az éghajlatváltozás miatt jelentős változáson esik át, a jelenleg megszokott, leereszthető vízmennyiség fokozatosan elenyészik. Ez azzal jár, hogy a vízszintszabályozás rendjétől függetlenül megszorodik a tartósan alacsony vízállású időszakok hossza és előfordulása, melyhez a vízhasználóknak alkalmazkodniuk kell. A következő évtizedekre a vízállás-vízminőség kapcsolat, valamint a vízhasználók csoportjainak igényeit figyelembe véve megterveztünk egy olyan optimális vízszintszabályozási rendet, mely mind vízmennyiségi, vízminőségi és társadalmi szempontból fenntartható.



1. ábra

1. ábra: A tó vízmérlegének fontos elemei (vastag betűvel kiemelve a legnagyobb bevételi és veszteségi folyamatokat). Cs: közvetlenül a tófelületre hulló csapadék, P: párolgás, H: hozzáfolyás a vízgyűjtőről, L: leeresztés.



2. ábra

Az egyes éghajlati modell-előrejelzések hidrológiai hatásai. Minden egyes felhő egy modell-futtatást szimbolizál az Euro-Cordex adatbázisból (IPCC RCP4.5 közepes kibocsátási scenárió).  $\Delta K_T$ : természetes vízkészletváltozás, vagyis a vízmérleg közvetlen emberi beavatkozás nélküli egyenlege (amit le lehet eresztani, ha a tó vízszintjét éves szinten állandóan akarjuk tartani).

**Kulcsszavak:**

*éghajlatváltozás, adaptáció, vízháztartás, vízminőség*

**Kapcsolódó publikációk:**

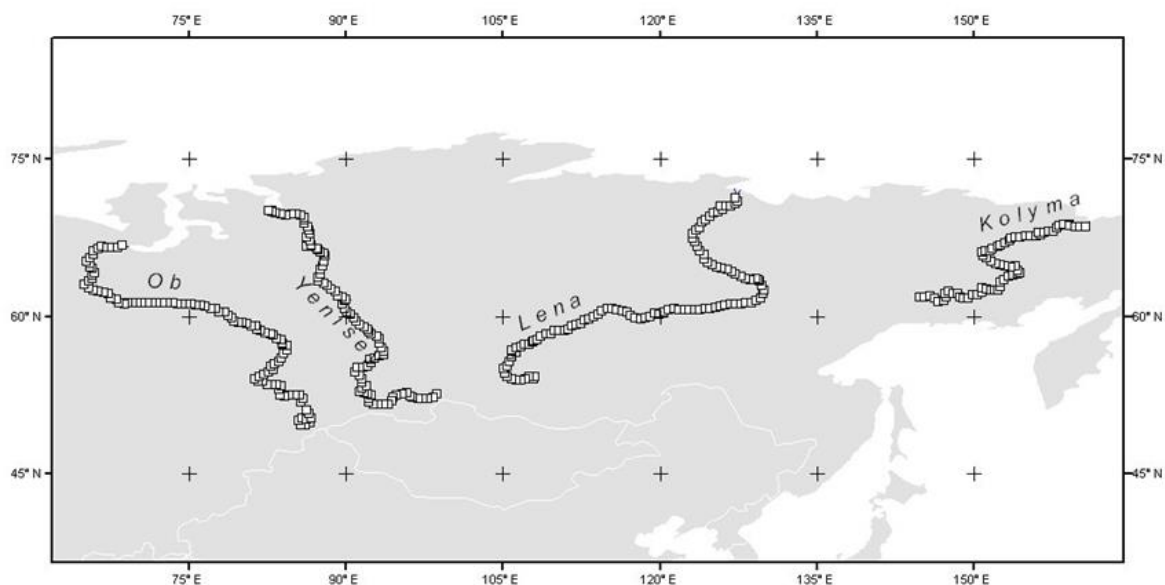
-

## 4.11 Klímaváltozás hatása vizsgálata sarkvidéki folyók vizsgálatában

Dr. Kugler Zsófia

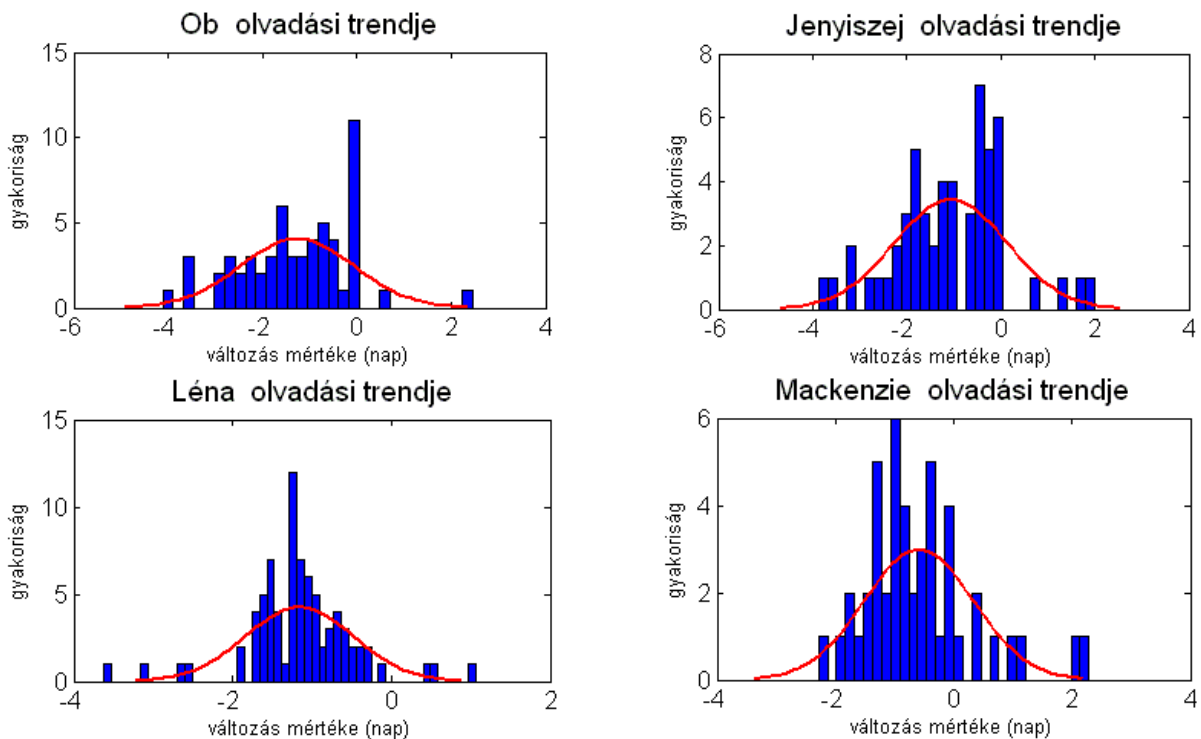
Építőmérnöki Kar, Fotogrammetria és Térinformatika Tanszék

Az éghajlatváltozás egyik látványos következménye a sarkvidéki jégborítás megváltozása. A tengeri jég kiterjedésének és a jégtakaró jelenlétének folyamatos nyomon követése, tudományos elemzése széles körű gyakorlattal bír. Ezzel szemben a sarkköri, szárazföldi területek folyóinak (Észak-Amerika, Szibéria) szezonális jégolvadási periódusában bekövetkezett változására kevés ismert tanulmány létezik.



Pedig ezen jelenség tanulmányozása mind kvantitatív, mind pedig kvalitatív eredményekkel szolgálhat a globális folyamat mértékének meghatározására. A sarkköri folyók téli jégborításának és tavaszi oladásának szezonális változása – felszíni mérések hiányában – földmegfigyelő műholdak segítségével nyomon követhető. Kutatásunk során a sarkvidéki folyók, passzív mikrohullámú űrfelvételek alapján levezetett, hidrológiai idősorainak tanulmányozásából kapott eredményeket alapján tanulmányozzuk a klímaváltozás hatását. A vizsgálatba bevont folyók műholdas idősoráiban markáns változás jelzi a jégolvadás tavaszi-kora nyári kezdetét. Ezen időpont eltolódása a globális klímaváltozás egy fontos mutatója lehet.

Kutatási eredményeinkben kimutattuk, hogy az északi, sarkvidéki területen számos régiójában a folyók téli jég jelenlétének időszaka az elmúlt évtized során többségében rövidült. A tavaszi jégolvadás időben hamarabb indul meg, az őszi folyami jég képződés pedig később kezdődik meg. Tanulmányainkban ezen jelenség térbeli és időbeli elhelyezkedését 12 éves műholdas idősorok alapján térképeztük. Kutatásunk során mind a NASA SMAP műholdas berendezését, mind az ESA SMOS berendezésének adatait felhasználtuk. Megfigyeltük, hogy az ázsiai kontinens észak-keleti régiójában mérhető a legnagyobb változás, még az amerikai kontinens északi folyóin a változás nem jelentős. A fenntarthatóság szempontjából fontos ismeri a klímahatás ezen, kevésbé tanulmányozott következményét. Az északi folyók vízjárás változása a Jeges-tengerbe áramló jelentős mennyiségű édesvíz fluxus hatással lehet a tenger só tartalmára és hőmérséklet változására. Ezen hatás számszerűsítése jelentős eredményt ad a klímahatások számszerűsítésében.





**Kulcsszavak:**

*műholdas távérzékelés, folyómegfigyelés, jégolvadás, trendek*

**Kapcsolódó publikációk:**

*Podkowa A, Kugler Z, Nghiem S, & Brakenridge GR (in review). Freezing and Melting Cycles in Arctic Rivers Observed with Satellite L-band Passive Microwave Data. Water Resources Research.*

*Brakenridge GR, Nghiem SV, & Kugler Z (2021) Merged AMSR-E/AMSR-2 and GPM Passive Microwave Radiometry for Measuring River Floods, Runoff, and Ice Cove. Earth Observation for Flood Applications, ed Schumann G (Elsevier), pp. 337-360.*

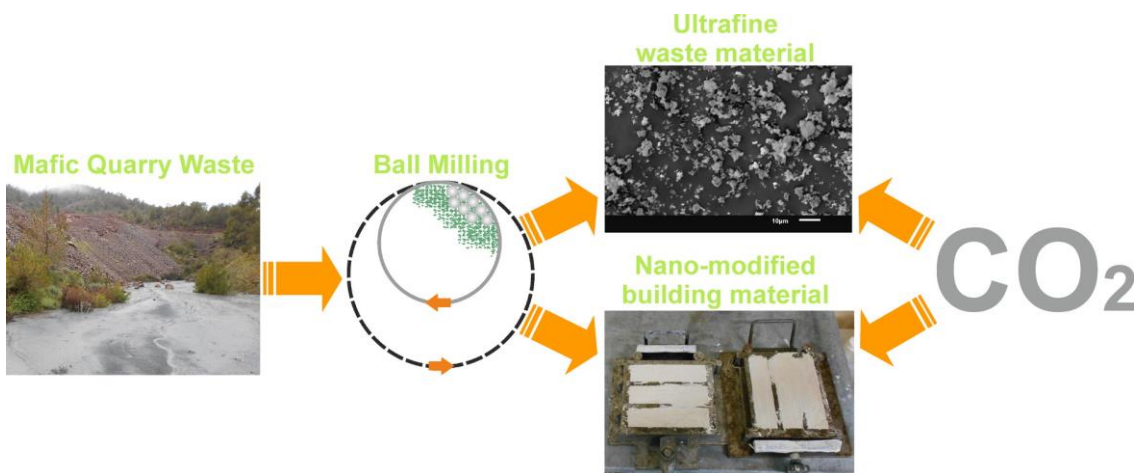
## 4.12 Új fokozott CO<sub>2</sub> megkötésre képes bányameddő tartalmú mészhabarcs kifejlesztése

Török Ákos

Építőmérnöki Kar, Geotechnika és Mérnökgeológia Tanszék

A kutatás fő célja olyan új mész alapú habarcs kifejlesztése, amely jelentős CO<sub>2</sub> megkötő képességgel rendelkezik. A megvalósítás részben EU finanszírozta projektből történt a Ciprusi Egyetemmel (University of Cyprus) közösen. A CO<sub>2</sub> megkötés karbonátosodás során a habarcs szilárdulás közben kialakuló ásvány fázisok segítségével jön létre. A hagyományos mész habarcsokhoz képest a pályázatban egy olyan új habarccsal dolgoztunk ahol a mész alapanyagba megfelelő mafikus és ultramafikus magmás kőzetek bánya meddő jellegű őrleményét kevertük.

A CO<sub>2</sub> megkötő képesség további fokozására a bányameddő adalékanyagot nano méretűre őrölve adagoltuk a habarcsához (5-15% tömegszázalékos arányban). A karbonátosodási folyamat és ásvány kiválások mellett a fizikai tulajdonságok, meghatározását végeztük el. A kísérletek igazolták, hogy a nano-őrléssel előállított bázikus és ultrabázikus kőzet adalékanyagos mész habarcsok, rövidebb kötési idővel rendelkeznek és jelentősen megnövekszik a CO<sub>2</sub> megkötő képességük.



**Kulcsszavak:**

*mészhabarcs, CO<sub>2</sub> megkötés, bányameddő*

**Kapcsolódó publikációk:**

*Rigopoulos, I., Török Á., Kyratsi T, Delimitis A., Ioannou, I. 2018. Sustainable exploitation of mafic rock quarry waste for carbon sequestration following ball milling. Resources Policy. 59, 24-32, <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2018.08.002>*



# 5.0 TELEPÜLÉS FENNTARTHATÓSÁG/ ÉLELMISZER

## 5.1 A városi fenntarthatóság mérhetősége, avagy a fenntartható településfejlesztés elengedhetetlen lépése

Jäger Bettina Szimonetta

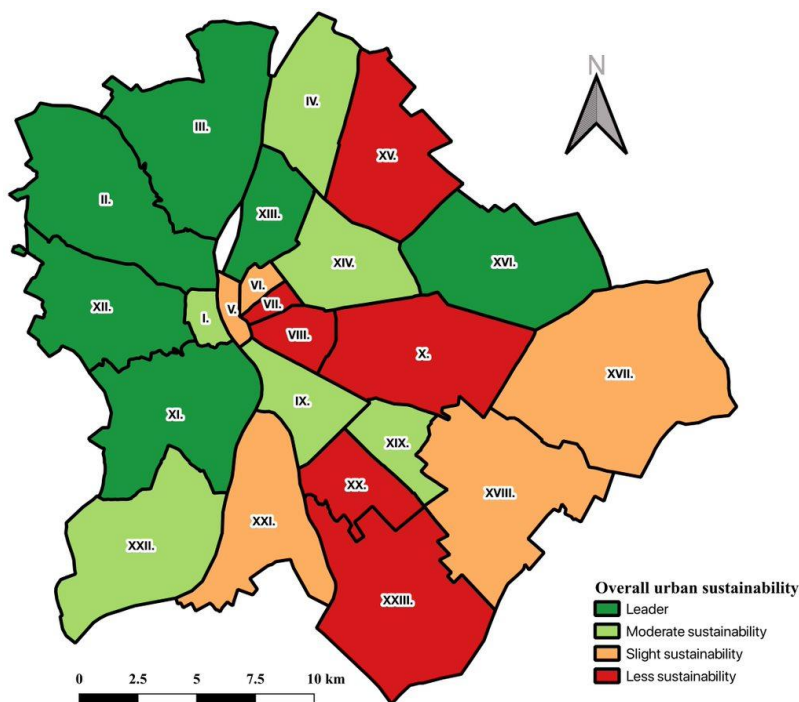
Gazdaság- és Társadalomtudományi Kar, Környezetgazdaságtan és Fenntartható Fejlődés Tanszék

Doktori kutatásom célja a széles körben elérhető statisztikai, illetve felszínborítási és területhasználati, valamint éghajlati adatokra támaszkodva a hazai nagyvárosok összehasonlító fenntarthatósági és hőhullámokkal szembeni klímaadaptációs elemzésének megvalósítása. További elhatározás, hogy az eredmények megfelelő inputként szolgáljanak a sikeresebb településfejlesztési stratégiák megalkotásához.

A kutatás kvantitatív jellegű, indikátorokon alapuló módszertanok alkalmazásából épül fel, amely típusú tanulmányok nemzetközi viszonylatban nagy számban elérhetőek, azonban még nem beszélhetünk egy olyan kiforrott módszertanról sem, amellyel kellő objektivitással mérhetővé válhatna a városok fenntarthatósági szintje, s egyúttal klímaadaptációs kapacitása. Az egységes módszertan hiányának hátterében a lokális jellegzetességek magas fokú relevanciája állhat, hiszen ezek a karakterisztikák nagymértékben befolyásolják a hatékony tervezési és fejlesztési célkitűzéseket. A matematikai-statisztikai módszerek vitathatatlanul releváns részei az indikátorok kiválasztása és a mutatók közötti összefüggések elemzésének szempontjából, valamint a GIS elemzés szerepe kétségtelenül döntő fontosságú a térbeli és időbeli minták feltárásához és vizualizációjához. A QGIS alkalmazása lehetővé teszi az alkalmazkodási és a fenntarthatósági kihívások térbeli szempontjainak szemléltetését, amely a mutatók kiválasztása és az értékelés során is relevánsnak hat.

Az eddig megjelent tanulmányaim közös módszertana az indikátorokon alapuló számítások elvégzése, és céljuk a vizsgálatba bevont városrészek, városok rangsorolása, csoportosítása, térbeli és időbeli mintázatok feltárása. Budapest 23 kerületének rangsorolása során egy fenntarthatósági teljesítményt tükröző, kompozit mutató megalkotása volt a cél, amelyhez a gazdasági, társadalmi és környezeti dimenzió indikátorai szolgáltatták az alapmutatókat. Szembetűnő, hogy a budai oldal számottevően jobb eredményt ért el a pesti oldalnál, amelyhez az erős társadalmi teljesítőképessége nagymértékben hozzájárul.

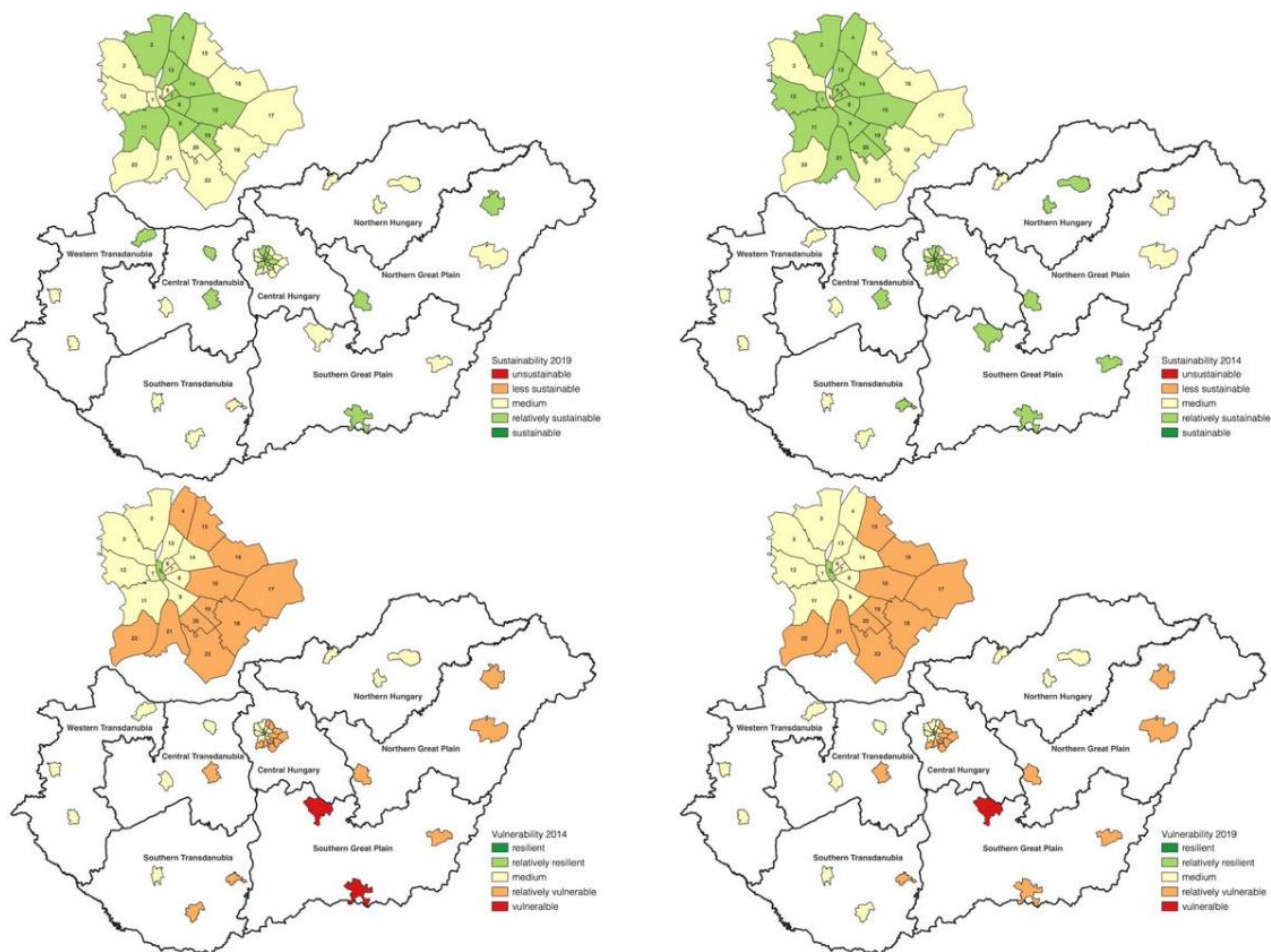




**I. ábra**

A hazai megyeszékhelyek fenntarthatósági vizsgálata során a regionális térbeli és időbeli csoportosulások feltárása volt célul kitűzve, amely során egy újonnan megalkotott eljárással kerültek súlyozásra a dimenziók, mégpedig az Integrált Településfejlesztési Stratégiák célrendszeré alapján. Ezáltal a helyi karakterisztikák a célok mentén lettek figyelembe véve az elemzés során. A végeredmények a nyugati oldal térnyerését hangsúlyozzák, azonban egyértelműen lehatárolható regionális csoportosulások nem vehetők ki. A hazai megyeszékhelyek és a budapesti kerületek együttes elemzése során a fenntarthatósági teljesítményük és hűhullámokkal szembeni alkalmazkodóképességük (vagy ennek inverze, sérülékenység) került vizsgálat alá, két különböző módszertannal.

Összességében megállapítható, hogy a min-max módszerrel átlagolt eredmények révén a városok közötti különbségek jobban érzékelhetők, míg a Fuzzy módszertan a települések közötti differenciákat jobban elmosza (2. ábra), így árnyaltabb képet kapunk, amely a célkitűzések és intézkedések pontosabb definiálását megnehezíti. A Fuzzy módszertan előre meghatározott szabályok alapján sorolja be a vizsgálatba bevont városokat, ami 5-5 kategóriát jelentett mind fenntarthatósági, mind pedig klíma-alkalmazkodási szempontból.



2. ábra

Ahogy azt a 2. ábra is illusztrálja, a fenntarthatóság aspektusából mindössze kettő kategóriát fed le a 41 város, klímaadaptációs szempontból pedig hármat. Mindez arra enged következtetni, hogy a helyi szintű stratégiaalkotáshoz a min-max módszeren alapuló átlagolt eredmények, míg a Fuzzy módszertannal kiszámított, árnyaltabb értékek egy nagyobb régiót lefedő elemzés sikerességéhez járulhatnak hozzá. A Fuzzy módszertan szabályalkotása során az erős fenntarthatóság elvét tartottuk szem előtt, így a városok között kirajzolódott árnyalt kép azt is jelentheti, hogy egy város/kerület sem kiemelkedő teljesítményű minden szempontot figyelembe véve.

#### **Kulcsszavak:**

*Városi fenntarthatóság, Mérhetőség, Módszertanok, Városfejlesztés*

#### **Kapcsolódó publikációk:**

*Buzási, A., Jäger, B. Sz., Hortay, O. (2022). Mixed approach to assess urban sustainability and resilience – A spatio-temporal perspective. City and Environment Interactions, Volume 16. <https://doi.org/10.1016/j.cacint.2022.100088>.*

*Buzási, A. & Jäger, B. S. (2021). Exploratory analysis of urban sustainability by applying a strategy-based tailor-made weighting method. Sustainability (Switzerland), 13(12). <https://doi.org/10.3390/su13126556>*

## 5.2 Fenntartható épületállomány: tartószerkezeti problématérkép

Dr. Sajtos István; Dr. Hegyi Dezső; Dr. Sipos András

Építésmérnöki Kar, Szilárdságtani és Tartószerkezeti Tanszék; Morfológia és Geometriai Modellezés Tanszék

A 2030-ra és 2050-re kitűzött klímacélok elérése érdekében az építőipar minden szereplőjének cselekednie kell. Vannak szakterületek, szakemberek, akik mind az üzemeltetési széndioxid kibocsátás, mind pedig a szerkezetekbe, anyagokba „beépített” széndioxid tartalom csökkentésében hatékonyan és tevékenyen részt tudnak, részt tudnának venni. A tartószerkezet építők, tervezők a „beépített” széndioxid tartalom mennyiségét tudják elsősorban csökkenteni, a beépített anyagmennyiség csökkentésével, azaz hatékonyan működő szerkezetekkel, vagy alacsony széndioxid tartalmú, újfajta építőanyagok használatával. Mindez összefüggésbe hozható a körforgásos gazdaság „csökkentés (reduce)” szempontjával.

Azonban a fenntartható építéssel kapcsolatos eszmecserékben gyakran elsikkad az alkalmazott műszaki megoldások eltérő tartóssága, élettartama. A gépészeti rendszerekhez képest hosszú élettartamú tartószerkezetek vonatkozásában különös hangsúlyt kap a meglévő szerkezetek szakszerű értékelése, további használatuk biztosítása, a körforgásos gazdaság „újra-felhasználás (reuse)” elvének megfelelően. Az új szerkezetek esetében a szerkezeti geometria, az új vagy újrahasznosított (recycled) anyag felhasználása és a tartósság kapcsolata igényel összetett és alapos elemzést.

A bemutatásra kerülő esettanulmányokban rámutatunk arra, hogy

- a történeti építészetben nem egy olyan, a mai tervezői gyakorlatból hiányzó, összetett, térbeli mechanikai viselkedést mutató szerkezeti megoldások is találhatóak, amik csökkentett anyagfelhasználás mellett biztosítják a szerkezet állékonyságát,
- a klímaváltozás következtében növekvő meteorológiai terhek (szél, hó, hőmérsékletváltozás) helyes becslése mind a meglévő, mind a tervezett épületek esetében alapvető kérdés, ellenkező esetben jelentős károokra lehet számítani; a megbízható ellenőrzés és tervezés érdekében újszerű vizsgálati módszerek kidolgozására is szükség van,

- az épületszintű, hagyományos tervezői attitűd mellett elengedhetetlen a meglévő épületállomány statisztikai megközelítése, tartószerkezetek állapotának, és az egyes szabályozási lépések következményének valószínűségi elemzése,
- az említett okokból megszokott szerkezeti megoldások átértékelése, újfajta tervezői szemlélet kialakítása szükséges (pl.: biológiai és más természeti inspirációk felhasználásával).

Az esettanulmányok bemutatásával célunk a fenntartható építés tartószerkezeti problémáinak bemutatása, a szükséges interdiszciplináris kutatási irányok kijelölése, a szabályozási környezet szerepének vizsgálata.

#### **Kulcsszavak:**

*történeti építészet, beépített széndioxid tartalom, szélsőséges időjárás*

#### **Kapcsolódó publikációk:**

*Sajtos, I.: Twisting moment - an unusual balancing mechanism of some historical load-bearing structures*

*In: Corres, Hugo; Todisco, Leonardo; Fivet, Corentin (szerk.) Proceedings of the International fib Symposium on Conceptual Design of Structures, Lausanne, International Federation for Structural Concrete (fib) (2019) pp. 41-48.*

*Gáspár, O.; Sajtos, I.; Sipos, A. A.: Multi-Hinge Failure Mechanisms of Masonry Arches Subject to Self-Weight as Derived from Minimum Thickness Analysis INTERNATIONAL JOURNAL OF ARCHITECTURAL HERITAGE, 29 p. (2022)*

## 5.3 Kompakt város és élhetőség

Szabó Árpád DLA

Építészmérnöki Kar, Urbanisztika Tanszék

A kompakt város, mint a városok szervezésének koncepcionális és tervezési elve az 1970-es években alakult ki és tudatosan szembehelyezkedett a huszadik század második felének funkcionalista megközelítésmódjával. Az eredeti koncepció egy matematikai, hatékonysági, térszervezési elvből származik sikerét mégis az garantálta, hogy találkozott a hetvenes évek társadalomkritikai megközelítéseivel és fokozatosan kialakuló komplex szemléletmódján keresztül szembehelyezkedett a szuburbanizáció és az átgondolatlan tömeglakásépítések térbeli leegyszerűsítő és életidegen elveivel.

A kompakt város mára egy széleskörűen elterjedt fogalommá vált, melyet többekévé a fenntartható város, a rövid-utak-városának szinonimájaként használunk és annak elérése a világ minden táján várospolitikai, várostervezési céllá vált, szinte függetlenül a kulturális közegtől. A mindennapok szintjén és a klímaváltozás hatására azonban egyre inkább előtérben kerül a városok élhetősége, vagyis kisléptékű, életminőséget befolyásoló beavatkozások jelentősége és szerepe.

De igazából mit értünk kompakt város alatt? Honnan ered és mire utal a fogalom? Mik a legfontosabb jellemzői és valóban fenntartható és élhető a kompakt város? Mik a sűrűség előnyei és mik azok az ellentmondások, melyek a városi sűrűség átgondolatlan erőltetéséből adódóan vissza is hathatnak a városok élhetőségére? A 21. század elején egy világméretű járvány után és egy mélyreható energetikai válság közben van-e létjogosultsága a városi sűrűség fenntartásának, vagy éppen a sűrítés várospolitikai irányelveken keresztül való erőltetésének az elmúlt időszak ingatlanpiaci folyamataival is összefüggésben? Milyen életminőséget és térbeli-társadalmi világot eredményeznek a sűrű, városias és kompakt környezetek?

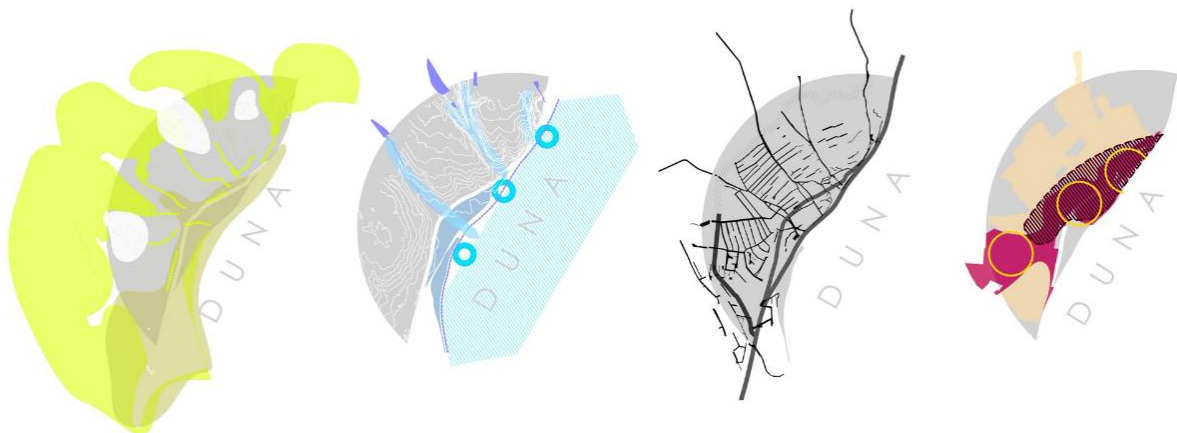
Az kutatás a városok sűrűségének jelentőségét, a kompakt, fenntartható városok kialakulásában betöltött szerepét vizsgálja az élhetőség és a városi működés szemszögéből, amelyben kiemelt szerepet kap az építészeti, alkotói látásmód, vagyis a tervezési folyamat során létrejövő térbeli-, társadalmi minőségek szerepe.



Az előadás elsősorban nemzetközi szakirodalmi tapasztalatokon, az előadó városi sűrűség témakörében folytatott kutatásain, hallgatói munkákon (Budapest sűrűség atlasz, 1. kép) alapul és az előadó városépítészeti praxisának megközelítésén (2. kép) keresztül mutatja be a téma egyes szempontjait.



1. kép



2. kép

**Kulcsszavak:**

*városépítészet, kompakt város, városi sűrűség, élıhetőség*

**Kapcsolódó publikációk:**

*Sirjani, A. H., Szabó, Árpád (2021) "Perceiving Liveability through the Diverse Aspects of Walkability", Periodica Polytechnica Architecture, 52(1), pp. 46–53.  
<https://doi.org/10.3311/PPAr.16449>*

*Interjú: Minőségi közterekre volna szükség, megjelent: Jelen folyóirat, 2022.08.30.,  
<https://jelen.media/interju/minosegi-kozterekre- volna-szukseg-3520/>*

## 5.4 A nagyvárosok renaturalizációja: Fenntartható élhetőség

Sághegyi Adél Laura

Építészmérnöki Kar, Exploratív Építészeti Tanszék

Az ipari forradalom óta a nagyvárosok ugrásszerű növekedése korlátozott hozzáférést biztosít a természeti környezethez. A gazdasági központként működő folyó- vagy tengerparti városok lakossága annyira eltávolodott a természettől, hogy a belvárosok limitált lehetőséget kapnak a zöldövezettel, valamint a vízzel való kapcsolódásra. Az ilyen típusú ipari központokkal ellátott, vagy teljesen szeparált vízpartokkal rendelkező városokban elindult egy újrapcsolódás a természettel, ami a fenntartható és élhető városok létrehozását célozza meg, a természeti környezet legnagyobb mértékű bevonásával, visszatelepítésével. A "zöld-kék városok" ötlete azt az ideális képet szeretné hosszútávon fenntartható módon létrehozni, ahol a túlépített urbanizált területek egyes részeit újra természetközelié teszik, és egyensúlyt alakítanak ki a mesterséges környezeti elemekkel. A folyamat "zöld" és "kék" elemeinek a városba való újbóli bevezetésével, ezek fenntartásával valósulhat meg egy olyan élhető város, ami sokkal inkább önfenntartó módon működne a természet közelségének köszönhetően, mint korábban.



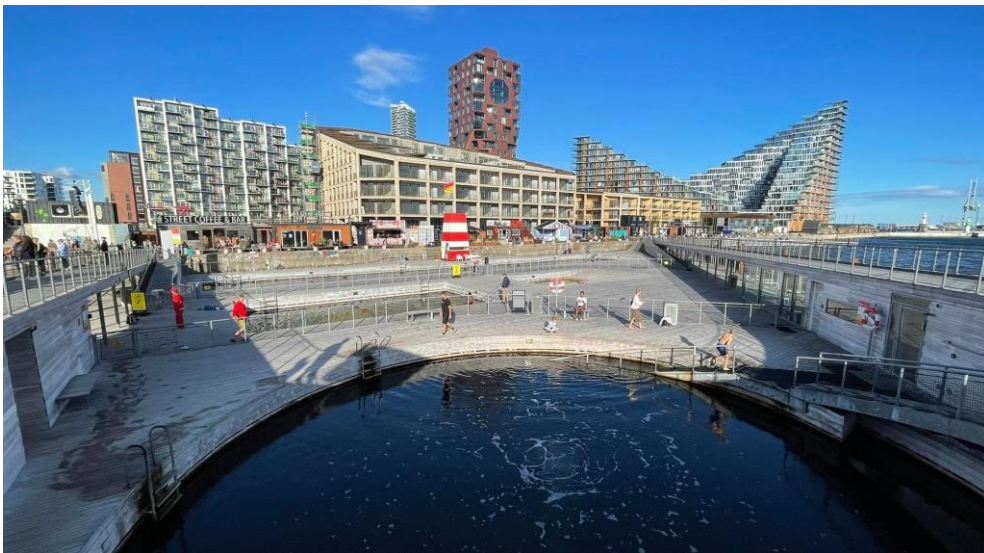
A nagyvárosok elvesztették a kapcsolatot a természeti környezettel. A kapcsolódás nem csak fizikai, de érzelmi folyamat is. Példákkal alátámasztható a párhuzam a természettől való fizikai távolság / közelség és az érzelmi távolság / közelség szempontjából. Ennek a távolságnak a vizsgálatára különválasztanám a "zöld" és a "kék" építészeti beavatkozásokat. A természeti közelség fokozataira példák: a rálátás, mint a túlépített környezetben legalább látványelemként megjelenő zöld beavatkozások. Másik ilyen a rövidebb időtöltés, ahol esetlegesen áthaladással, várakozási lehetőséggel biztosított a természetközeli élmény, valamint az elidőzés, ahol kifejezetten hosszabbtávú maradásra biztat a tervezett beavatkozás. A vízzel való kapcsolódást négy szakaszra bontottam, ahol a városi környezet egy-egy épített eleme milyen mértékű közelséget biztosít a vízzel való kontaktusra.



A "kékhez" való közelítési folyamat első szakasza a vizuális kapcsolat, ami lehet akár egy panoráma helyzet, de akár néhány méteres távolság is, fizikai korlátozással elválasztott, vagy ki nem épített területen beavatkozás. A második szakasz a megközelítés, ahol már a vízhez fizikailag is kapcsolódik a beavatkozás, de nem lehetséges a vízzel történő érintkezés, továbbra is csak vizuális kapcsolat alakul ki, de már elkezd kialakulni az igény az érintésre is.

A harmadik szakasz, ahol opcionálisan érinthető a vízfelszín, vagy szándékosan tervezett érintkezések jönnek létre. A negyedik szakaszban pedig azokkal a beavatkozásokkal foglalkozom, ahol a vizet testközelből használhatjuk, elmerülhetünk benne.

Egyre trendszerűbb a nagyvárosokban az épített szabadvízi fürdők megjelenése, amely érdekes kérdéseket vet fel az érintkezés igényének felmerülésétől a megvalósult építmény által kínált lehetőségekig, és ezeknek az érzelmi hatását az élhetőbb városok kialakulásában. A vízminőség az egyik elsődleges szempont, amiért tiltott az ipari nagyvárosokban a fürdőzés.



A 2022/2023-as éves kutatásomban vizsgálom, hogy azokban a nagyvárosokban, ahol létesültek már beavatkozások az víz testközeli érintésére, mennyire van visszahatással ez kapcsolat a vízminőségre. Azt feltételezem, hogy a vízzel való fizikai közelség érzelmi közelséget alakít ki, és ez az érzelmi kapcsolat egy olyan törődést tud kialakítani a környezettel kapcsolatban, ami egy visszaható igényt formál a vizek tisztaságának a biztosítására.

Az élhető városok elengedhetetlen része a természetközelség újradefiniálása, a túlépített területek renaturalizálása. Az életszínvonal növekedésével, és a természethez való újrakapcsolódással egy olyan - az értekekre - sokkal érzékenyebb és tudatosabb lakossági mentalitás és identitás jöhet létre, aminek köszönhetően a nagyvárosok egy fenntartható, természeti-infrastrukturális egyensúlyt képesek kialakítani.

**Kulcsszavak:**

*renaturalizáció, természet, víz, építészet*

**Kapcsolódó publikációk:**

*Sághegyi Adél Laura: Szabad vizeken, korlátok között - A budapesti Duna-fürdők újjáélesztésének lehetőségei ; Élet és Tudomány - A Tudományos Ismeretterjesztő Társulat hetilapja ; Főszerkesztő: Gózon Ákos ; 32 oldalas ; ISSN 0013-0677 (nyomtatott); ISSN 1418-1665 (online) ; Kiadás: 2022/33 ; pp. 1065-1068. p. 4.*

## **5.5 Épületfelújítás, csak a már rendelkezésre álló erőforrások leghatékonyabb felhasználásával, tőke és pénzmozgás nélkül / Arkt Művészeti Ellátó, Eger**

Fábián Gábor DLA

Építészmérnöki Kar, Exploratív Építészeti Tanszék

A mélyponton lévő gazdasági helyzetnek köszönhető megszorítások lehetőséget kínáltak, hogy minimális költségből megvalósítandó projekteken gondolkodjunk.

A korlátozott költségvetésű felújításoknál az új funkció elhelyezéséből adódó és műszakilag szükségszerű beavatkozások határozzák meg döntéseinket. A műszaki tartalmat, a műszaki megoldásokat a rendelkezésre álló feltételekhez kellett igazítani. Az épület egészét tekintve csak részmegoldásokat lehetett végrehajtani. Az anyagi korlátoknak megfelelő beavatkozások meghatározása, a lényegkiemelés alapvető feladat, mind építészeti, mind építettkői szerepkörben. Ennek érdekében minden résztvevő esetében szemléletmód váltásra van szükség.

A szűkös anyagi kereteknek megfelelő, koncentrált beavatkozás mértékének léptékhelyes megválasztása a lényeglátás képességét feltételezi. A tartalom élesítése nélkülözhetetlen korlátozott költségvetésű projektek megvalósíthatóságához.

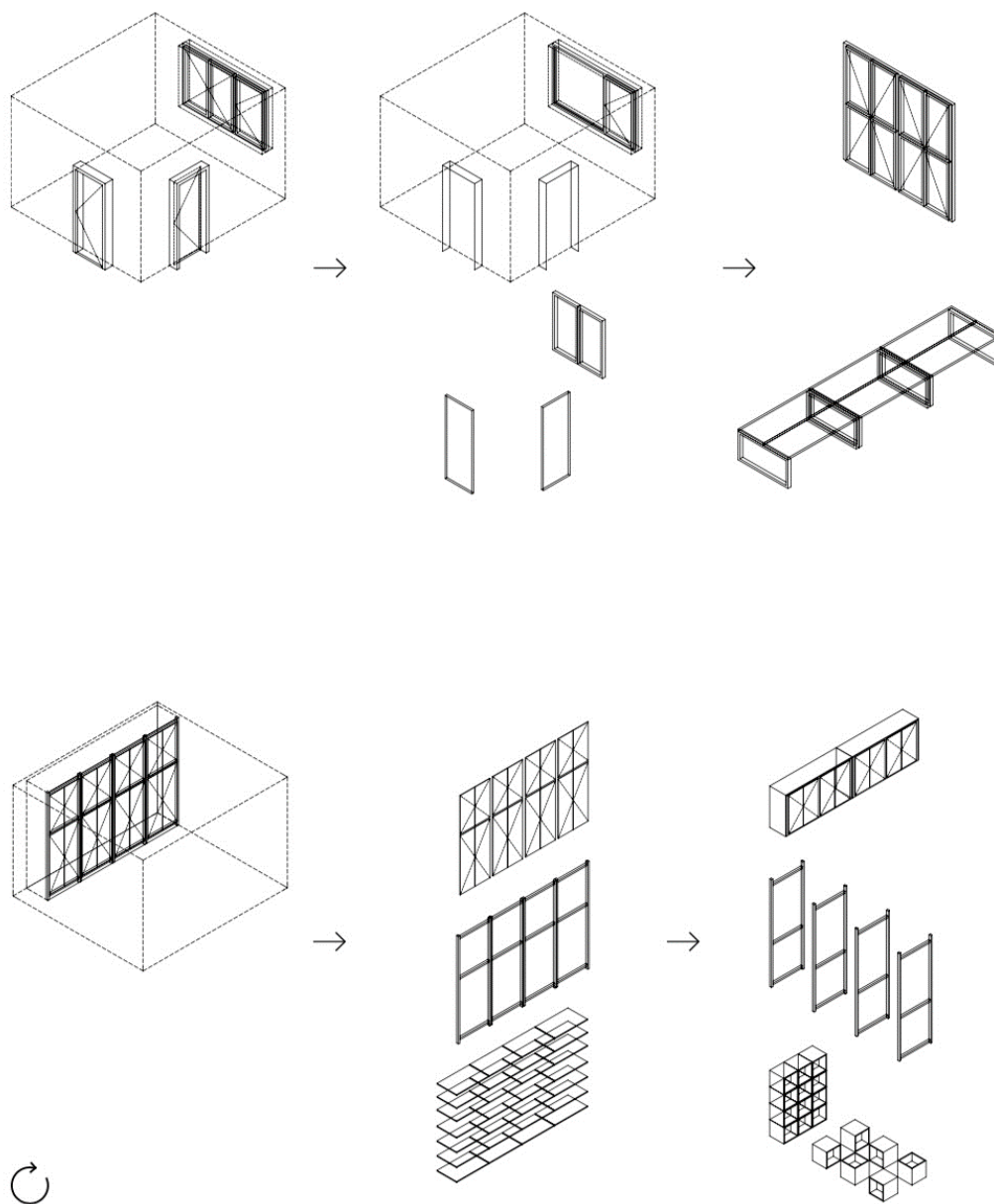
Az Ellátó megvalósíthatósága érdekében megfordítottuk a tervezés szokott irányát: először a szükséges feladatokra kerestünk természetbeni támogatókat, majd a felajánlott anyagok felhasználásához rendeltünk építészeti megoldásokat.

A támogatásokból származó és a helyszínen talált anyagokból felépülő építészeti eszköztár határozta meg döntéseinket, ezáltal a folyamat magától értetődővé vált.

Az Ellátó felújítása során az új funkció kialakításához szükségszerű beavatkozásokat hajtottunk végre az épületen. A pénzügyi korlátoknak megfelelően az igényszintek és az esztétikai elvárások meghatározáskor, a maximális funkcionalitást szem előtt tartva, a műszakilag szükséges, de elégséges állapotot céloztuk meg. Figyelembe véve a lehetőségeinket és átlépve a konvenciókon, nem törekedtünk a tökéletességre.

A projekt a befejezettség elérésének határán mozog, a részletmegoldások minőségével, az elemek szokatlan helyzetbehozásával kompenzál.





**Kulcsszavak:**

*épületfelújítás, rendelkezésre álló erőforrás, korlátozott költségvetés*

**Kapcsolódó publikációk:**

*Fábián Gábor: Tartalomélesítés / DLA értekezés / BME Építőművészeti Doktori Iskola / 2018*

## 5.6 Barnamezős területek Magyarországon fenntarthatósági nézőpontból

Bozsoki Fruzsina

Gazdaság- és Társadalomtudományi Kar, Környezetgazdaságtan és  
Fenntartható Fejlődés Tanszék

A századfordulótól induló rohamos ütemű városiasodás az előrejelzések szerint a jövőben tovább fog növekedni és 2030-ig 5 milliárd ember élhet majd a városokban.

A gyors ütemben erősödő urbanizáció jelentős kihívásokat támaszt; a több száz éve tervezett és/ vagy spontán folyamatok révén átalakuló városok nincsenek felkészülve az egyre növekvő népességszámra, ami különböző város- és térségfejlesztési beavatkozásokat igényel. A magas népsűrűségű területek a klímaváltozás hatásaira még inkább kitettek lehetnek. A beépítettség növekedésével csökken a zöldterületek nagysága és növekedhetnek a leburkolt, több szempontból is problémás területek. A városokban és környezetükben lévő kihívások komplex jellegűek, a beavatkozások a szimplán privát kezdeményezésektől (pl. befektetések) egészen a közpénzből vagy uniós forrásból megvalósított fejlesztéseket ölelik fel, éppen ezért fontos, hogy tudatosan gondolkodjunk a jövőt nézve. A városok és térségük fejlődésére az ipari szerkezetváltozás jelentős hatást gyakorol. Az egykori használatban lévő (angol terminológia szerinti „Previously Developed Land, PDL”), jellemzően ipari barnamezős területek megújítása, az átmeneti hasznosítás érvényesítése mind környezeti mind társadalmi, de akár gazdasági dimenzióban is hozzájárul a térségi fenntarthatóság erősítéséhez. A barnamezős területek érdekes és történeti, kulturális szempontból is igen izgalmas részei a városoknak. Rehabilitálásukra többféle megoldás is létezik, azonban a múltjukból fakadóan és a szennyezettségük mértéke miatt költségesek lehetnek.

A 2015-ben elfogadott ENSZ Fenntartható Fejlődési Célok 17 célt nevesít. A meghatározott célok között kilenc kapcsolódik az építőipari beavatkozásokhoz. Jelen előadás témája a barnamezős területek fejlesztési lehetőségei.

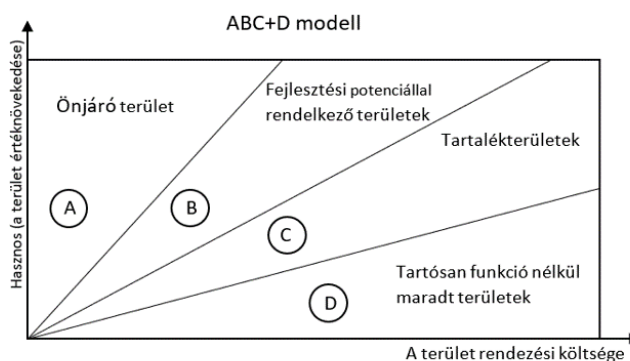
Az előadásomban elsőként bemutatom Budapest IX. kerületében az egykori Közvágóhíd és környezetében zajló fejlesztések értékelését. Kiemelten vizsgáltam a fejlesztéssel kapcsolatos élhetőségi faktorok jelenlétét és azok minőségét. (1. táblázat).

Soroljon fel legfeljebb 5 tényezőt, ami eszébe jut a Közvágóhídról és környékéről! - TÉNYEZŐK KIÉRTÉKELÉSE

| Kategóriák                                | Válaszok (régii Közvágóhíd területén élők)  |
|---|---|
| 1. Állapotjellemzők                       | koszos (12), zajos (12), por (10), modern (9), rehabilitáció (6), élhető (2), családias, tiszta   |
| 2. Közlekedési csomópontokhoz kapcsolódik | forgalmas (5), 1-es villamos, 2-es villamos, jó (tömeg)közlekedés (7), rossz (tömeg)közlekedés, vasút leválasztva a tömegközlekedésről, villamosmegálló, buszok |
| 3. Kultúra, szórakozás                    | Budapest Park (8), MŰPA (6), Nemzeti Színház (2), Atlétikai stadion (2)   |
| 4. Kereskedelem                           | gyárak (3), OBI(2) TESCO, most még kevés szolgáltatás, sok munkalehetőség   |
| 5. Építés alatt álló terület              | építkezés (12), romhalmaz (3), sok véget nem érő munka  |
| 6. Környezet, infrastruktúra              | alacsony infrastruktúra, parkosított hely hiánya, folyamatosan fejlődő infrastruktúra, jó elhelyezkedés, közel a belváros (2)                                   |
| 7. Természeti adottságok                  | jó lokáció (2), Duna (4), szép kilátás  |
| 8. Funkcionális hiányosságok              | keves parkoló, túlépítés (2), túlzásúfolttság (3), sűrű, elszűrt lehetőség  |
| 9. Fejlesztési lehetőségek                | keves zöld, frekvenciált, gyalogutakat elálló autók, hiányos infrastruktúra (élelmiszerbolt, piac), megfelelő színvonalú oktatási intézmények hiánya (2)        |
| 10. Terület imázsa                        | egyre fejlődő környék, innováció, katyvasz, magánjátészótér, új urbanizációs központ  |
| 11. Érzések, benyomások                   | otthonom, lakótelepi hangulat luxus áron, megújuló (8), méltatlan, fejlődő (22), IX. kerület nem szólhat bele sajnos, török haver, régi és új keveredése        |
| 12. Társadalom                            | alkoholisták, fura emberek, hajléktalanok (3), középosztálybeli lakosság, sok fiatal  |
| 13. Környezetvédelmi probléma             | építkezés-szálló por (3), kivágott fák, magas zajszint (2), rossz levegő  |

1. táblázat

Ezt követően az Európai Unió programozási ciklusban 2014 és 2020 közötti, Magyarországon a vidéki területeken összesen 64 db barnamezős fejlesztéssel kapcsolatos eredményeimet mutatom be. A vizsgálat alátámasztja a barnamezők fenntarthatósági szempontú értékelésének szükségességét. Az eredményeim azt mutatták, hogy a beruházások fejlesztési potenciálját magyarázó ABC modell alapján a kevésbé jó helyi és helyzeti energiával bíró területek hasznosítása is lehetséges. (1. ábra).



A kutatásban a korábbi programozási ciklusban lévő barnamezős területek rehabilitálását vizsgáltam, strukturálva őket régi és új funkciójuk alapján. Részletesen tanulmányoztam minden projektet, hogy képet kapjak a hazai fejlesztéseknél alkalmazott rehabilitációs gyakorlatokról. Megvizsgálom továbbá, hogy hazánkban milyen barnamezős területi kihívások merülnek fel leginkább. A kutatás hozzájárul, hogy az eddigi ismeretek segítségével átfogó képet alkothassunk az uniós forrásból hazánkban finanszírozott fejlesztésekről.

**Kulcsszavak:**

*barnamezős területek, területfejlesztés, átmeneti hasznosítás, városi élıhetőség,*

**Kapcsolódó publikációk:**

*Szabó M, Bozsoki F. Redevelopment of Brownfields for Cultural Use from ERDF Fund—The Case of Hungary between 2014 and 2020. Journal of Risk and Financial Management. 2022; 15(4):181. <https://doi.org/10.3390/jrfm15040181>*

## 5.7 A városi zöld infrastruktúra értékelési lehetőségei

Csigéné Nagypál Noémi

Gazdaság- és Társadalomtudományi Kar, Környezetgazdaságtan és  
Fenntartható Fejlődés Tanszék

A kutatás célja annak áttekintése, hogy miként számszerűsíthetők és mérhetők pénzértékben is kifejezve a városi zöld infrastruktúra által biztosított szolgáltatások.

Először a zöld infrastruktúra jellemzői és hasznai kerülnek bemutatásra, ehhez szorosan kapcsolódva ismertetésre kerül, hogy milyen ökoszisztéma-szolgáltatásokat biztosít számunkra. Ezután áttekintésre kerül, hogy az úgynevezett teljes gazdasági érték mely elemei milyen súllyal jelennek meg a zöld infrastruktúra esetében. A használattal kapcsolatos értékek közül az in situ közvetlen érték és a közvetett érték a meghatározó, emellett többek között a városi lakosság növekedése miatt a választási lehetőség értéke is lényeges. A használattal nem kapcsolatos értékrészek közül a hagyomány vagy örökölhetőség értéke jellemzően fontosabb a létezési értéknél. Ezt követően az egyes módszerek – úgy, mint költség alapú módszerek, kinyilvánított és feltárt preferencia eljárások valamint a haszonátvitel – alkalmazhatósága kerül kifejtésre a nemzetközi szakirodalom alapján, példákon keresztül, különös tekintettel a városi parkok értékelésére. A feltételes értékelés lehetőségei és korlátai részletesen bemutatásra kerülnek.

A fő konklúzió, hogy bár számos módszer alkalmazható, a városi zöld infrastruktúra sajátosságai miatt nincs olyan eljárás, amely egyértelműen alkalmas a gazdasági érték egészének meghatározására. A minél teljesebb körű értékeléshez célszerű lehet lehetőség szerint több módszert is egyidejűleg alkalmazni. A zöld infrastruktúra értékelése hozzájárul ahhoz, hogy a hagyományos infrastruktúrához képest kevésbé kezeljék azt hátrányosan a döntéshozatal során.

### **Kulcsszavak:**

*városi zöld infrastruktúra, környezetértékelés, feltételes értékelés*

### **Kapcsolódó publikációk:**

*Csigéné Nagypál Noémi (2022): Valuation challenges of urban green infrastructure. ECOCYCLES 8: 1 pp. 1-7.*



## 5.8 Hogyan szolgálhatja a BME-n rendelkezésre álló élelmiszertudományi kompetencia a fenntarthatósági célok megvalósítását?

Tömösközi Sándor

Vegyéssz mérnöki és Biomérnöki Kar, Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudományi Tanszék, Gabonatudományi és Élelmiszerminőség Kutatócsoport

A fenntartható élelmiszertermelés megvalósítása, az ágazat megújítása többek között az alábbi globális és lokális kihívások sürgős kezelését igényli:

- Az élelmiszer alapanyag ellátás biztosítása, a klímaváltozáshoz, biotikus és abiotikus stresszhatásokhoz alkalmazkodni képes növényi alapanyagok biztosítása.
- Biodiverzitás növelése, például kiscabonák, álgabonák, fehérjenövények, stb. jelenleginél lényegesen nagyobb arányú termesztésével és feldolgozásával.
- Kisebb környezeti terhelést jelentő gazdálkodás kialakítása, öko és biogazdálkodás feltételeinek javításával, rövidebb ellátási láncok megvalósításával.
- Az élelmiszerbiztonság növelése az általános (pl. szermaradvány, toxinok) és bizonyos fogyasztói csoportokat érintő (pl. allergia, érzékenység) kockázatok azonosításával, kezelésével és ellenőrzésével.
- Az egészségtudatos táplálkozás és a betegségmegelőzési programok támogatása, az egészséges élelmiszerek előállítási feltételeinek javításával, a termékminősítés módszereinek és eszközparkjának fejlesztésével.
- A mezőgazdasági alapanyagok élelmiszer és nem élelmiszer célú feldolgozásának gyors ütemű fejlesztése, technológiai és termékfejlesztés humán és infrastrukturális feltételeinek javítása.
- A mezőgazdasági és élelmiszeripari termékelőállítási folyamatok környezetterhelésének minimalizálása, a keletkező káros és melléktermékek (általában fehérje és/vagy rostos mátrixok) értéknövelt hasznosítása hagyományos és biotechnológiai megoldások alkalmazásával.

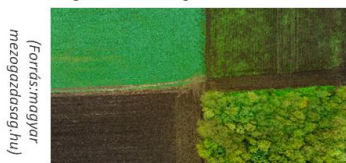
A fenti területekhez kapcsolódóan a BME élelmiszertudományi kutató közössége intézményen belüli és külső partnereivel közösen meghatározó jelleggel vesz részt többek között az (élelmiszer)analitikai módszerek, gyorsvizsgálati technikák, allergén vizsgálati eljárások fejlesztésében és alkalmazásában; a biológiai alapok szelektálásában, élelmiszeripari alapanyagok minősítésében és minőségfejlesztésében; élelmiszeripari termékfejlesztésben, minősítésben, műveletek és technológiák kidolgozásában; biológiai alapok, illetve mezőgazdasági és élelmiszeripari technológiákból származó kísérő- és melléktermékek értéknovelt hasznosítási lehetőségeinek kidolgozásában, ideértve a nem élelmiszer célú felhasználási irányokat is, mint pl. lebontható biopolimerek, kopolimerek előállítását.

Az előadásban a közelmúlt néhány izgalmas kutatási eredménye mellett a továbblépés lehetséges irányait is szeretnénk felvázolni. Nehezen vitatható ugyanis, hogy a mai élelmiszertudományi kihívások (sok egyéb mellett például a fehérje- és élelmiszer-ellátás biztosítása, az élelmiszerbiztonság garantálása, a hatékonyabb élelmiszer-előállítási technológiák, az egészségtámogató termékek fejlesztése, az ipar 4.0, a körforgásos gazdaság kialakítása, stb.) szakterületek közötti átjárást, újféle, integrált tudást, szemléletet, mindezt befogadni képes művelt emberfőket kíván. Ehhez kitűnő lehetőséget kínál a BME, hiszen a szükséges kémiai, biokémiai, molekuláris biológiai, analitikai, technológiai és biotechnológiai, anyagtudományi, gépészmérnöki, informatikai, logisztikai és sok más tudás és tapasztalat tanszékünkön, karunkon vagy más karokon rendelkezésre áll, vagy külső kutatóintézeti és ipari partnerek együttműködésével hozzáférhető, megvalósítható. A széleskörű együttműködés fenntartása és fejlesztése pedig valós esélyt adhat arra, hogy -ha kis lépésekkel, eredményekkel is, de érdemben- hozzá tudjunk járulni a fenntarthatósági célok megvalósításához.

## Négy vitathatatlan aktualitás...

### ➤ Klímaváltozás

- A fajok és fajták alkalmazkodóképességének kihasználása vagy javítása



(Forrás:mgjvar  
mezogazdasag.hu)

### ➤ Biodiverzitás

- Monokultúrás mezőgazdaság előnyei/hátrányai, új típusú vetésforgók, a fajok változatosságának növelése az élelmiszertermelésben is

### ➤ Fenntartható élelmezés, körforgásos gazdaság

- Rövidebb, átláthatóbb ellátóláncok, környezetterhelés csökkentése, a megtermelt biológiai alapok mind teljesebb, értéknovelt hasznosítása

### ➤ Egészségtudatos táplálkozás

- Hipokretesztől a tudományos tényeken alapuló élelmiszerfejlesztésig, étkezési szokások alakításáig



(Forrás: FM, 2016)

### **Kulcsszavak:**

*fenntartható élelmiszertermelés, biodiverzitás növelése, élelmiszerbiztonság javítása, melléktermékek értéknövelt hasznosítása*

### **Kapcsolódó publikációk:**

*Schall, Eszter; Scherf, Katharina A.; Bugyi, Zsuzsanna; Hajas, Lívía; Török, Kitti; Koehler, Peter; Poms, Roland E.; D'Amico, Stefano; Schoenlechner, Regine; Tömösközi, Sándor (2020): Characterisation and comparison of selected wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars and their blends to develop a gluten reference material, *Food Chemistry*, 313 Paper: 126049, 9 p., <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.126049>*

*Jaksics, Edina; Németh, Renáta; Farkas, Alexandra; Horváth, Reka; Dúzs, Daniel; Drozdik, Álmos Attila; Csányi, Brigitta; Bidló, Gábor; Simon, Katalin; Tömösközi, Sándor (2020): Comparative compositional and functional characterisation of rye varieties and novel industrial milling fractions. *International Journal of Food Science and Technology* 2022,57, 4463–4472., <https://doi.org/10.1111/ijfs.15780>*

## 5.9 Társadalmi innováció, fenntartható üzleti modellek az élelmiszerpazarlás csökkentéséért

Dr. Szabó Mariann

Gazdaság- és Társadalomtudományi Kar, Környezetgazdaságtan és Fenntartható Fejlődés Tanszék

Az ENSZ Élelmezési és Mezőgazdasági Szervezete (FAO) 2011-es jelentése alapján évente 1,3 milliárd tonna annak az emberi fogyasztásra globális szinten előállított élelmiszernek a teljes mennyisége, amely elvesz vagy hulladékká válik mielőtt a termelőtől a fogyasztó asztalára kerülne. Az elvesző vagy hulladékká váló élelmiszer az élelmiszerláncok különböző szakaszaihoz köthető, amit összefoglalóan élelmiszerpazarlásnak hívunk. Az 1. táblázat az élelmiszerlánc szakaszinál fellépő élelmiszerpazarlás mutatja be.

Magyarországon, ahogy a Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal 2017-es kutatásai is rámutattak, az EU által 2016-ban becsült fejenkénti 39 kg helyett körülbelül 68 kg-ot tesz ki az élelmiszerhulladék egy főre jutó éves mennyisége, melynek csaknem a fele (33 kg) a pazarlás olyan formája, amikor azért kerül a hulladék lerakásra, mert feleslegesen lett megvásárolva vagy tárolási hiba eredményeként romlott meg. A 2011-es jelentés óta számos kormányzati és egyéb kezdeményezés látott napvilágot az elmúlt években, amelyek között több társadalmi innovációval, valamint szűkebb formájával, fenntartható üzleti modellel is találkozunk.

A kutatás célja az élelmiszerpazarláshoz kapcsolódó társadalmi innovációk bemutatása, különös tekintettel az élelmiszerláncokban kiemelt befolyásolási és alku erővel bíró vállalatok ('focal companies') gyakorlataira, valamint a területhez kötődő fenntartható üzleti modellekre. A kutatás dedikált célja a regionális fenntarthatóság és az élelmiszerpazarlás kapcsolatrendszerének bemutatása a pazarlást csökkentő jogi és keresleti elvárások tükrében. Az adatgyűjtés többféle módszerét alkalmaztuk: áttekintettük a rendelkezésre álló internetes adatbázisokat (EU-FUSIONS projekt, Európai Bizottság, FAO) majd interjúkat készítettünk az érintett szakmák képviselőivel.

Az eredmények között 22 jó gyakorlatot mutatunk be. A bemutatott megoldások elérhetősége függ a helyi és nemzeti jogszabályi előírásoktól, a szereplők probléma megoldása iránti érzékenységtől, valamint az újraelosztást, energetikai újra hasznosítást lehetővé tevő infrastruktúrától.

| Élelmiszerlánc szakasz  | Tipikus pazarlásmód  |
|---|--|
| 1. Betakarítás, betakarítás-kori kezelés  | Állatok fogyasztásából eredő veszteség, kár<br>Termőterületen hagyott termés<br>Begyűjtés során keletkező károk<br>Rossz tárolás eredményezte károk<br>Szétválogatás (a termés méretében vagy külalakjában fennálló hiányosságok miatt nem kerül átadásra)<br>Minőségi romlás a korai vagy kései betakarítás miatt |
| 2. Cséplés  | Alacsony technológiai szint miatt keletkező károk, veszteségek   |
| 3. Szárítás, szállítás és elosztás  | Kedvezőtlen szállítási körülmények eredményezte veszteség (romlás, zúzódás)  |
| 4. Tárolás  | Kártevők, betegség okozata veszteség, kiömlés, természetes ki- vagy elszáradás   |
| 5. Elsődleges feldolgozás (pl. tisztítás, osztályozás, aprítás, áztatás, szárítás, szitálás, marás, csomagolás) | Feldolgozás közben felmerülő veszteségek   |
| 6. Másodlagos feldolgozás (pl. keverés, főzés, sütés, formázás/ formába öntés, vágás, extrudálás)               | Folyamatveszteségek  |
| 7. Termékértékelés – minőség-ellenőrzés   | Termékvisszatartás a feldolgozott termék nemmegfelelősége miatt (pl. rosszul megformázott „túrórudi”, aprósütemény, amelyből kifolyt a lekvár)   |
| 8. Csomagolás (mérés, márkázás, vákumcsomagolás)  | Csomagolás közben fellépő termékkárosodás, rágcsálók okozta károk  |
| 9. Értékesítés, terjesztés  | Késztermékek szállításánál fellépő károk, rongálódás, kifolyás, halpiaci gondatlan kezelés, hűtés hiányában keletkező károk, értékesítéstől visszatartott termékek   |
| 10. Végző felhasználás, fogyasztás (vendéglátás, háztartások, képzés)   | Háztartási ételmaradék, felszolgálás előtti ételkidobás (rossz tárolási körülmények), gondatlan elkészítés (akár ehető és nem ehetőétel vegyítése), valamint a „minőséget megőrzi” és a „fogyasztható” jelzések összekeveréséből adódó kidobás   |

Forrás: Parfitt, Barthel, MacNaughton (2010)

### 1. táblázat: Az élelmiszerlánc szakaszinál fellépő élelmiszerpazarlás



#### **Kulcsszavak:**

*Élelmiszervesztés, élelmiszerhulladék, vállalatok, fenntartható termelés és fogyasztás*

#### **Kapcsolódó publikációk:**

*Szabó, Mariann; Soltész, Petra\*\*; Zilahy, Gyula: Társadalmi és üzleti modell innovációk a fenntarthatóság felé való átmenetben. In: Pálvölgyi, Tamás; Szabó, Mariann; Szalmáné, Csete Mária (szerk.) Az externáliáktól a fenntarthatóságig: 30 éves a BME Környezetgazdaságtan Tanszék. Budapest, Magyarország: Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Gazdaság-és Társadalomtudományi Kar Környezetgazdaságtan Tanszék (2020) 121 p. pp. 80-88., 9 p.*

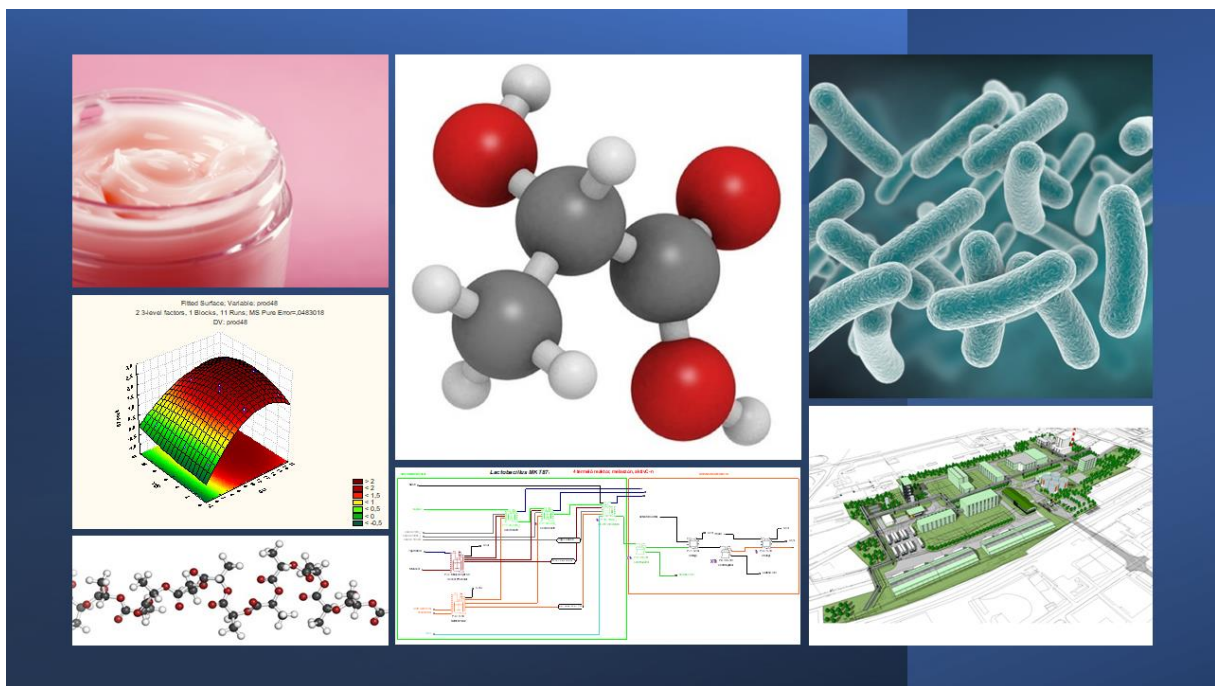
*Szabó, Mariann; Zilahy, Gyula; Joo, Young Park: Mapping innovative initiatives to address the food waste challenge – a global overview. In: European, Operations Management Association (szerk.) 25th Annual EurOMA Conference. To Serve, To Produce and to Servitize in the Era of Networks, Big Data and Analytics (2018) pp. 1-9., 9 p.*

## 5.10 Tejsav fermentációs technológiák fejlesztése

Dr Németh Áron, Tóth Pál

Vegyészmérnöki és Biomérnöki Kar, Alkalmazott Biotechnológia és  
Élelmiszertudományi Tanszék

Kutatócsoportunk több évtizede foglalkozik a tejsav fermentáció gazdaságosságának fejlesztésével. A tejsav egy olyan kulcsintermedier, amely az élelmiszeripartól a kozmetikai és gyógyászati illetve orvosi felhasználásokon át a királis szintézisekig számos területen kerül felhasználásra. Az egyik legígéretesebb biopolimer a politejsav (PLA), amely a tejsav polimerizációjával jön létre, és amelyet jelenleg is használnak pl. élelmiszercsomaglóanyagként, vagy a 3D-nyomtatók szálaként.



Kutatásaink során nagy számú mikroorganizmus tejsav termelő képességét, és számos alapanyag (részben hulladékanyag) felhasználhatóságát vizsgáljuk in vitro és in silico módszerekkel. A statisztikai kísérlettervezésekkel végzett optimalizálásaink egyes alapanyagok (pl. búza) esetében 120%-ra növelték másoknál (pl. cukorcirok) 160%-ra növelték a fermentációs eljárás produktivitását. A félüzemi laboratóriumunkban az eljárást léptéknövelve is demonstráltuk.

A gazdaságosság érdekében számos technológiai melléktermék alternatív és értéknövelt hasznosításán is dolgozunk. Ilyen a tejsavbaktériumok kozmetikai hasznosítása is a tejsav előállítását követően.

**Kulcsszavak:**

*tejsav, PLA, biofinomító*

**Kapcsolódó publikációk:**

*Németh Áron : Upstream és downstream folyamatok műszaki-gazdasági értékelése tejsav fermentációk in silico folyamat modellezésével ; MEMBRÁNTECHNIKA ÉS IPARI BIOTECHNOLÓGIA 12 : 2 pp. 18-20. , 3 p. (2021)*

*Vidra, Aladar ; Nemeth, Aron ; Salgo, Andras : Factors Affecting Precipitation of Calcium Lactate from Fermentation Broths and from Aqueous Solution ; PERIODICA POLYTECHNICA-CHEMICAL ENGINEERING 63 : 4 pp. 533-540. , 8 p. (2019)*

## 5.11 Talajkezelés pernyével, vörösiszappal és bioszénnel: esettanulmányok

Feigl Viktória, Farkas Éva, Ujaczki Éva, Fekete-Kertész Ildikó, Vaszita Emese, Gruiz Katalin, Molnár Mónika

Vegyéssz mérnöki és Biomérnöki Kar, Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudományi Tanszék

A hulladékok talajjavítást célzó alkalmazásával két környezeti problémát oldunk meg egyszerre. Egyrészt leromlott, degradálódott, pl. rossz víztartóképeségű, kis szervesanyag- és tápelem-tartalmú, alacsony biodiverzitású talajokat, vagy szennyezett talajokat kezelhetünk velük, ezzel javítva a talaj, mint feltételesen megújuló környezeti erőforrás minőségét. Másrészt hulladékot hasznosítunk újra a talajban történő alkalmazás során. Kutatócsoportunk 15 éve foglalkozik hulladékok talajkezelésre való alkalmazásának lehetőségeivel, melynek során mind szerves hulladékokat, pl. erőművi pernye, vörösiszap, ivóvíztisztítási csapadék, hulladék gipsz, mind szerves hulladékokat, pl. faforgács, zöldhulladék, szennyvíziszap, és azokból készült termékeket, pl. komposzt, bioszén alkalmaztunk sikeresen leromlott és szennyezett talajok javítására. A technológiafejlesztések során a léptéknövelés elvét alkalmaztuk: laboratóriumi talaj mikrokozmosz kísérletektől szabadföldi lizimétereken át a szabadföldi demonstrációs kísérletekig használtunk hulladékokat talajjavító adalékanyagként. A kísérleteket komplex monitoring módszeregyüttessel követtük nyomon, mely fizikai, kémiai, biológiai és ökotoxikológiai módszereket tartalmaz. Ezzel az eljárással teljes képet kaphatunk a talajban lezajló folyamatokról kiemelten a talaj biótára gyakorolt hatásokat.

Erőművi pernyét alkalmaztunk sikeresen toxikus fémekkel, mint Cd, Zn, Pb, As, szennyezett bányászati meddőanyagok és mezőgazdasági talajok remediációjára. A pernyék kémiai stabilizáló, azaz fémeket immobilizáló képességét kihasználva kémiaival kombinált fitostabilizációs eljárást használtunk a korábbi gyöngyösorszi Zn és Pb bánya területén. A kezelés eredményeként a meddőanyagokban és a talajban a mobilis Cd és Zn mennyisége >99%-kal csökkent a magyarországi felszín alatti vízre vonatkozó határérték (6/2009 rendelet) alá. A fitostabilizációs célból telepített növények fémtartalma a takarmánynövényekre megállapított fém határértéket (44/2003, 17/1999 rendeletek) nem érte el.

A vörösiszap, mely a timföldgyártás hulladéka, felhasználási lehetőségei közül a talajkezelésre való alkalmazás az egyik. Technológiai kísérletekben vörösiszapot használtunk homoktalajok javítására. Eredményeink alapján a vörösiszap 5%-ban

a talajba keverhető és szignifikánsan növeli a homoktalajok víztartókéességét, mikroelem-tartalmát és nem gyakorol káros hatást a talaj biótára. Rövid és közepes távon (10 hónap) a talaj mikroflóra aktivitását és biodiverzitását is serkenti. A gyáli hulladéklerakón végzett kísérleteinkben termőközeg komponenseként a vörösiszapot 20%-ban altalajba keverve nagyobb víztartókéességű és biológiai aktivitású, növények számára kedvező mesterséges talajtakarót hoztunk létre.

A szerves hulladékokból és melléktermékekből pirolízissel előállított bioszén talajra történő alkalmazása egyre nagyobb jelentőséget kap napjainkban, mind talajjavítási mind talajremediációs céllal. Léptéknövelt technológiai kísérletekben (1. ábra) bizonyítottuk a bioszén homoktalajokra gyakorolt talajjavító hatását. 30 t/ha mennyiségben homoktalajokra alkalmazott, papírgyártási szennyvíziszapból készült bioszén növelte a talaj pH-ját, víztartókéességét és tápelem-tartalmát hosszú távon (30 hónap). A bioszén serkentette a talaj mikroflóra aktivitását és jobb élőhelyet teremtett a talajlakó állatok számára, továbbá növelte a termőkéességet a növények ökológiai igényeinek biztosításával.



1. ábra

Összefoglalásként kijelenthető, hogy a hulladékok és hulladékból készült termékek talajjavításra való hatékony alkalmazását több sikeres példa alátámasztja. Kifejlesztett technológiáink igazolják, hogy ha ismerjük a talaj hiányállapotát jellemző paramétereket, valamint a hulladékokban rejlő értékeket, ezek összeillesztésével hatékonyabban kivitelezhető a talaj minőségének javítása, funkcióinak és diverzitásának fenntartása, egyúttal a hulladék hasznos adalékká alakul.



**Kulcsszavak:**

*talajjavítás, hulladék újrahasznosítás, technológiafejlesztés, biodiverzitás védelme*

**Kapcsolódó publikációk:**

*Feigl, V., Ujaczki, É., Vaszita, E., and Molnár, M. "Influence of red mud on soil microbial communities: Application and comprehensive evaluation of the Biolog EcoPlate approach as a tool in soil microbiological studies," Science of the Total Environment, 595, 903–911, 2017*

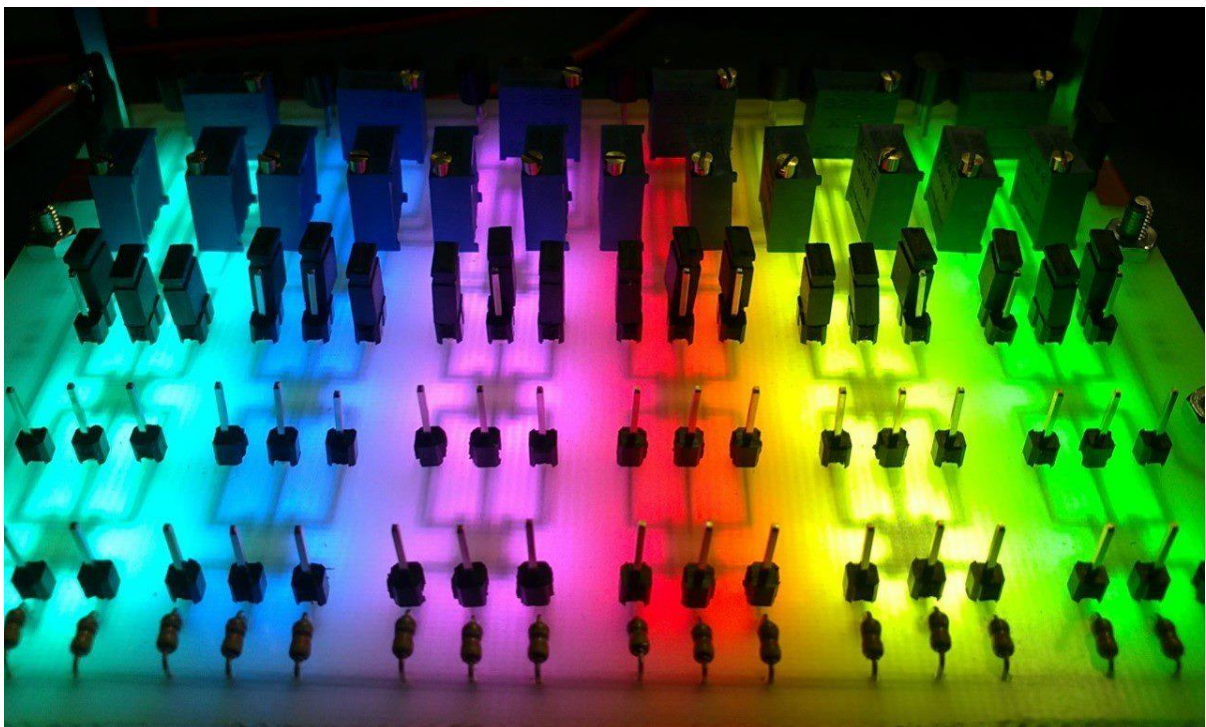
*Farkas, É., Feigl, V., Gruiz, K., Vaszita, E., Fekete-Kertész, I., Tolner, M., Kerekes, I., Pusztai, É., Kari, A., Uzinger, N., Rékási, M., Kirchkeszner, C., and Molnár, M. "Long-term effects of grain husk and paper fibre sludge biochar on acidic and calcareous sandy soils – A scale-up field experiment applying a complex monitoring toolkit," Science of the Total Environment, 731, 138988, 2020*

## 5.12 Mikroalgák szén-dioxid megkötési sebességének vizsgálata

Kiss Bernadett

Vegyésmérnöki és Biomérnöki Kar, Alkalmazott Biotechnológia és  
Élelmiszertudományi Tanszék

Különbéle természetes és mesterséges források felelősek a szén-dioxid (CO<sub>2</sub>) kibocsátásért. Számos stratégiát dolgoztak ki a lakossági, kereskedelmi létesítmények és iparágak CO<sub>2</sub>-kibocsátásának csökkentésére, valamint a környezeti probléma által okozott hatások minimalizálására. A CO<sub>2</sub> algák általi megkötése egy forma erre, ahol a napfény a CO<sub>2</sub> szénre redukálására szolgál. Ezért napjainkban egyre többen foglalkoznak alga tenyésztéssel.



A tenyésztési rendszereknél a napfény ugyan költséghatékony, de hátránya, hogy az időjárás és az évszak változásai nagyban befolyásolják. Nappali és éjszakai ciklusokat be tudunk állítani lámpákkal a tenyésztéskor. A mesterséges megvilágítások, például a fénycsövek és a LED-lámpák jobban kezelhetők állíthatóak, és ezért egyre nagyobb érdeklődésre tesznek szert. A LED-ek fényforrásként való alkalmazása a mikroalgák előállításához ígéretes választás a technológiai és gazdasági megvalósíthatóság növelésére.

Kutatásaim során különböző mikroalga törzseket (*Chlorella vulgaris*, *Nannochloropsis* sp) vizsgáltam különböző tenyésztési rendszerekben a CO<sub>2</sub> megkötési sebesség meghatározására. Kísérleteimben eltérő megvilágításokat, szén-dioxid koncentrációkat, valamint tenyésztési léptékeket hasonlítottam össze, figyelve a biomassza termelés fokozására. A termelt biomassza akár élelmiszerként is alkalmazható lehet, valamint hozzájárulhat a szén-dioxid kibocsájtás csökkentéséhez.

A kutatások az ITM NKFIÁ által nyújtott TKP2020 NKA támogatásból, az NKFIH által kibocsátott támogatói okirat alapján valósultak meg (projekt azonosító: TKP2020 BME-NKA).

**Kulcsszavak:**

*Chlorella, Nannochloropsis, szén-dioxid, fermentáció*

**Kapcsolódó publikációk:**

*Bernadett Kiss, Áron Németh. THE EFFECT OF LIGHTING AND BIOREACTOR SET UP ON CHLORELLA VULGARIS FERMENTATION ACTA MICROBIOLOGICA ET IMMUNOLOGICA HUNGARICA (1217-8950 1588-2640): 64 Suppl.1. pp 43-44 (2017)*

*Bernadett Kiss, Szilveszter Gergely, András Salgó, Áron Németh. Investigation of Differences in the Cultivation of Nannochloropsis and Chlorella species by Fourier-transform Infrared Spectroscopy PERIODICA POLYTECHNICA-CHEMICAL ENGINEERING (0324-5853 1587-3765): 62 4 pp 388-395 (2018)*

## 5.13 Bacteria as Biocontrol agents against Fungal Infections of Crops for Sustainable Agriculture

Sakiyo Jesse John

Vegyészmérnöki és Biomérnöki Kar, Alkalmazott Biotechnológia és  
Élelmiszertudományi Tanszék

The use of synthetic fungicides has been the primary disease control approach for infections caused by pathogenic fungi. Nonetheless, its open and incorrect application in intensive agriculture has resulted in difficulties such as ecological pollution, significant residues in agricultural products, and pathogen resistance. With a favourable climate, fungal diseases may proliferate enormously and damage crops; pathogenic fungi can dwell within or on the surfaces of plants. The fungus can generate spores carried to the plant by wind, water, or animals such as insects. Bacteria have been introduced into soil, seeds, roots, and other planting structures for many decades to boost plant advancement and growth.

Bacteria from the *Bacillus* genus have been identified to efficiently manage plant diseases in a wide range of crops including rice, wheat, potato, peas, tomato, chickpea, and beans. To analyse the antifungal effect of *Bacillus licheniformis* DSM13, *Bacillus subtilis* DSM10, and *Geobacillus stearothermophilus* DSM2313, we will evaluate and compare them against one of the highest risk causing fungi *Alternaria alternata*. Surfactin, iturin, fengycin, lichenysin, viscosin, amphisin and putisolvin are the best known cyclic lipopeptides produced by *Bacillus* genus.





Biocontrol is an important method for controlling pests at the threshold level in an ecofriendly manner and creating a sustainable ecosystem without hurting fauna and flora. This study investigates cell growth, surface tension and yield of product from bacillus fermentation as well as its inhibitory activity against the mycelial growth of *Alternaria alternata* using several bioassay susceptibility testing methods. In vivo plant protection tests were also carried out using Bolotto nano and are subject of this presentation.

**Kulcsszavak:**

*Biocontrol, Antifungal agent, Biosurfactant, and Bacillus*

**Kapcsolódó publikációk:**

*Sakiyo, J., Németh, Á. Optimization of Bacillus licheniformis DSM13 for Biosurfactant Production Using Response Surface Methodology. Hungarian Journal of Industry and Chemistry. 50 (2). (2022).*



## Impresszum

**Kiadja:**

*Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem*

**Felelős kiadó:**

*Dr. Czigány Tibor, rektor*

**Felelős szerkesztő:**

*Dr. Levendovszky János, tudományos és innovációs rektorhelyettes, Dr. Keglevich György, a BME Fenntarthatósági Bizottságának elnöke*

**Szerkesztő:**

*Várterész Flóra, ügyvivő szakértő*

**Tördelés és borító:**

*Kelemen Áron*

*A kézirat lezárva: 2022.11.21.*