Óbudai Egyetem
REJTŐ SÁNDOR KÖNNYŰIPARI ÉS KÖRNYEZETMÉRNÖKI KAR

Tudományos, műszaki és művészeti közlemények – 2026

Tudományos, műszaki és művészeti közlemények – 2026

A tudományos bizottság tagjai

Elnök:
Dr. habil. Koltai László, dékán

Tagok:

Dr. habil. Csanák Edit DLA
Dr. Demény Krisztina
Dr. Gregász Tibor
Prof. Dr. Juvancz Zoltán
Prof. Dr. Kelecsényi Csilla DLA
Dr. habil. Koltai László
Nagyné Dr. Szabó Orsolya
Némethné Dr. Erdődi Katalin
Prokai Piroska
Dr. Szabó Rudolf
Dr. habil. Csiszér Tamás
Tiefbrunner Anna
Bodáné Dr. habil. Kendrovics Rita
Prof. Dr. Kisfaludy Márta DLA
Prof. Dr. Halász Marianna Ágnes
Prof. hc. Dr. Horváth Csaba
Dr. habil. Németh Róbert DLA
Dr. Borbély Ákos
Prof. Dr. Bayoumi Hamuda Hosam
Dr. habil. Ágoston Csaba

Kiadja:
Óbudai Egyetem
Rejtő Sándor Könnyűipari és Környezetmérnöki Kar
Médiatechnológiai és Könnyűipari Intézet

Főszerkesztő:
Dr. habil. Koltai László, dékán

Olvasószerkesztő:
Tiefbrunner Anna

Műszaki szerkesztő:
Horváth Bence

Budapest, 2026

ISSN 2631-1658

ELŐSZÓ

Tisztelt Olvasó!

Örömmel ajánlom az Óbudai Egyetem Rejtő Sándor Könnyűipari és Környezetmérnöki Karának 2019 óta megjelenő tudományos kiadványának aktuális számát, amely idén is jól tükrözi Karunk szakmai sokszínűségét, kutatási aktivitását és azt a szemléletet, amelyben a tudományos igényesség szorosan összekapcsolódik a gyakorlati problémák megoldásának szándékával.

A kötet tanulmányai számos tudományterületet és aktuális kérdést érintenek. Megjelennek benne többek között a környezetvédelem és a fenntarthatóság, az anyag- és gyártástechnológia, a csomagolás- és nyomdatechnika, a digitalizáció, a formatervezés és ergonómia, valamint az oktatás és a társadalmi felelősségvállalás kérdései. A tanulmányok különbözőségük ellenére közös gondolatot képviselnek: a mérnöki és tudományos tudás akkor válik igazán értékessé, ha képes választ adni korunk valós problémáira.

Különösen fontosnak tartom, hogy a kiadványban az elméleti kutatások mellett jelentős hangsúlyt kapnak az alkalmazott vizsgálatok, a fejlesztések és a konkrét gyakorlati problémákra irányuló megoldások. A városi környezet fenntarthatóságának kérdései, a kulturális örökség megóvásának új lehetőségei, a csomagolástechnológia és az anyagtudomány fejlesztései, a korszerű mérési és modellezési módszerek, valamint az emberközpontú és inkluzív tervezés egyaránt azt mutatják, hogy Karunk tudományos közössége nyitott a társadalmi, környezeti és technológiai változásokra.

A kötet számomra azért is különösen értékes, mert szerzői között oktatóink, kutatóink és hallgatóink mellett más intézmények szakemberei is megjelennek. Ez a szakmai együttműködés jól példázza azt a tudományos kultúrát, amelyet Karunkon erősíteni kívánunk: a tudás megosztását, a tudományterületek közötti párbeszédet, a hallgatói tehetség kibontakoztatását és a kutatási eredmények gyakorlati hasznosítását.

Rejtő Sándor szellemi öröksége arra kötelez bennünket, hogy az oktatás, a kutatás és a mérnöki alkotómunka egységében gondolkodjunk. A hagyomány számunkra nem pusztán a múlt megőrzését jelenti, hanem olyan szakmai alapot, amelyre építve új kérdéseket fogalmazhatunk meg, új módszereket próbálhatunk ki és új megoldásokat hozhatunk létre.

Dékánként meggyőződésem, hogy egy egyetemi kar valódi erejét nemcsak az mutatja meg, milyen tudást ad át hallgatóinak, hanem az is, hogy képes-e új tudást létrehozni, értéket teremteni, és eredményeivel hozzájárulni a gazdaság, a társadalom és környezetünk fenntartható fejlődéséhez. Jelen kötet ennek a közös munkának egy újabb lenyomata.

Köszönöm valamennyi szerzőnek, kutatónak, oktatónak, hallgatónak és közreműködő partnernek a munkáját. Bízom benne, hogy a kiadvány tanulmányai nemcsak hasznos szakmai ismeretekkel szolgálnak, hanem új kérdéseket, együttműködéseket és további kutatásokat is ösztönöznek.

Kívánom, hogy Olvasóink érdeklődéssel és szakmai kíváncsisággal forgassák e kötetet.

Dr. habil. Koltai László

dékán

Óbudai Egyetem

Rejtő Sándor Könnyűipari és Környezetmérnöki Kar

Tartalomjegyzék

GÖMB GRANULÁTUMOK ELRENDEZŐDÉSE ELTÉRŐ DŐLÉSSZÖGŰ CSONKAKÚP TARTÁLYOKBAN: DEM TANULMÁNY 7

EDELMANN Dóra
Biztonságtudományi Doktori Iskola, Óbudai Egyetem
Ipari termék- és formatervezés szekció

A CIRKUSZ MINDENKIÉ 17

PROKAI Piroska, PÁL LÁSZLÓ Bendegúz
Médiatechnológiai és Könnyűipari Intézet
Könnyűipari mérnöki szekció

MIT TUDUNK AZ ADHD-RÓL? 28

CSILLAGNÉ KISS Mariann, FARKASNÉ KÓKA Zsuzsanna
Óbudai Egyetem Rejtő Sándor Könnyűipari és Környezetmérnöki Kar Médiatechnológiai és Könnyűipari Intézet
Könnyűipari mérnöki szekció

RÉGI SZENZORBÓL HATÉKONY MÉRŐRENDSZER KIALAKÍTÁSA LÁNCFESZÜLTSÉG MÉRÉSE, A HATÉKONY, MINŐSÉGI SZÖVETGYÁRTÁS ELŐFELTÉTELE 37

Dr. SZABÓ Lóránt ÓE-RKK-KMI, BORKA Zsolt ÓE-RKK-TTI
Könnyűipari mérnöki szekció

CSOMAGOLÁS NYITÁSÁNAK ÉS ZÁRÁSÁNAK ERGONÓMIAI SZEMPONTJAI 56

Dr. OROSZLÁNY Gabriella, Dr. habil KOLTAI László
Óbudai Egyetem, Rejtő Sándor Könnyűipari és Környezetmérnöki Kar,
Terméktervező Intézet, Médiatechnológiai és Könnyűipari Intézet
Ipari termék- és formatervező szekció

A VÁROSI FARMOK SZEREPE A FENNTARTHATÓ FEJLŐDÉSBEN 68

Dr. DEMÉNY Krisztina, BODÁNÉ Dr. habil. KENDROVICS Rita, Dr. habil. FÁCZÁNYI Zsuzsanna, BERECZ Norbert, Dr. SZABÓ Lóránt, Dr. habil. ÁGOSTON Csaba,
Óbudai Egyetem, Rejtő Sándor Könnyűipari és Környezetmérnöki Kar,
Környezetmérnöki és Természettudományi Intézet
Óbudai Egyetem, Ybl Miklós Építéstudományi Kar, Építettkörnyezet Tanszék
Környezetmérnöki és Természettudományi Szekció

A PPWR ALKALMAZÁSÁNAK KIHÍVÁSAI AZ ELEKTRONIKAI IPARBAN 79

HORVÁTH Bence
Óbudai Egyetem, Rejtő Sándor Könnyűipari és Környezetmérnöki Kar, Médiatechnológiai és Könnyűipari Intézet
Könnyűipari mérnöki szekció

AZ ADAPTÍV RUHÁZAT FEJLESZTÉSÉNEK TERVEZÉSI ÉS KIVITELEZÉSI SZEMPONTJAI – HALLGATÓI PROJEKT BEMUTATÁSA 85

NAGYNÉ Dr. SZABÓ Orsolya, SZLOVICSÁK Zita Margit, KOLESZÁR András
Rejtő Sándor Könnyűipari és Környezetmérnöki Kar, Terméktervező Intézet
Ipari termék- és formatervező szekció

A TERMÉSZETTUDOMÁNYOS SZEMINÁRIUMI DIÁKKÖR (TESZED) 2023/2-ES PROGRAMJÁBAN FELDOLGOZOTT TÉMÁK 95

Dr. CSISZÉR Tamás, ÁDÁM Balázs Zoltán, FEHÉRVÁRI Páter Bálint, GYETVÁN Réka Gitta, GYŐRI Kinga, HERENDI Veronika Anita, HORVÁTH Emese Ágnes, MENYHÁRT Bendegúz, MOLNÁR Dorottya, PAPP János, PIHELEVICS Emília, SZEBERÉNYI Péter, SZIRÁKI Boglárka, VARGA Izabella, VARGA Melinda

KÜLTÉRI ÜLŐBÚTORCSALÁD TERVEZÉSE 110

GYÉMÁNT Anett, Dr. HOTTÓ Éva PhD

Óbudai Egyetem, Rejtő Sándor Könnyűipari és Környezetmérnöki Kar,

Terméktervező Intézet

A SELEJT BOSSZÚJA 127

GÖNDÖR Vera, KERTÉSZ Zoltán

Óbudai Egyetem, Rejtő Sándor Könnyűipari és Környezetmérnöki Kar,

Médiatechnológiai és Könnyűipari Intézet

Könnyűipari mérnöki szekció

FENNTARTHATÓ ILLÓOLAJ-ALAPÚ FERTŐTLENÍTÉS A LEVÉLTÁRI ÁLLOMÁNYVÉDELEMBEN 138

PUETÁNI-HOLL Adrien, Dr. KOLTAI László,

Rendszerváltás Történetét Kutató Intézet és Levéltár, Óbudai Egyetem, Rejtő Sándor Könnyűipari és Környezetmérnöki Kar

A KÖRNYEZETI SZAGTERHELÉS BUDAPESTEN 145

HERNÁDI Bence, BUS Beáta

Pannon Egyetem Mérnöki Kar, ESG – környezeti, társadalmi és irányítási szakember MSc

Óbudai Egyetem Rejtő Sándor Könnyűipari és Környezetmérnöki Kar, Környezetmérnök MSc

KARTONOK FUTTATHATÓSÁGI VIZSGÁLATA 156

GÖRGÉNYI-TÓTH Pál

Rejtő Sándor Könnyűipari és Környezetmérnöki Kar

Médiatechnológiai és Könnyűipari Intézet

Könnyűipari mérnöki szekció

AZ ESD VÉDELEM JELENTŐSÉGE A CSOMAGOLÁSBAN 163

HORVÁTH Bence, TIEFBRUNNER Anna,

Óbudai Egyetem, Rejtő Sándor Könnyűipari és Környezetmérnöki Kar, Médiatechnológiai és Könnyűipari Intézet

Könnyűipari mérnöki szekció

ENGLISH ARTICLES

MONITORING ATMOSPHERIC HEAVY METAL DEPOSITION USING MOSS BIOMONITORING ON THE ISLANDS OF BUDAPEST (ÓBUDA AND MARGARET ISLAND) 170

ÁGNES Bálint, LŐRINCZ Komlós, XUECHU Wang, CSABA Mészáros

Óbuda University, Budapest, Hungary

Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Gödöllő, Hungary

MAGYAR NYELVŰ PUBLIKÁCIÓK

GÖMB GRANULÁTUMOK ELRENDEZŐDÉSE ELTÉRŐ DŐLÉSSZÖGŰ CSONKAKÚP TARTÁLYOKBAN: DEM TANULMÁNY

EDELMANN Dóra

Biztonságtudományi Doktori Iskola, Óbudai Egyetem

DOI: 10.12700/TMMK.2026.001

Kivonat: *A tanulmány 592 gömb, eltérő dőlésszögű (750-1000) csonkakúpokban való elrendeződésének erőtani hatását ismerteti. A gömb halmazok (monodiszperz, száraz granulátum részecske rendszerek) a kúpok középtengelyében lévő körlap felületen (középponti inlet), gravitációs hatásra érkeznek a fix térhatárolókba. A részecskék és a fal között idealizált, súrlódásmentes kapcsolat feltételezett. A 3D Diszkrét Elem Modellezés (DEM) alapján készült analízis a részecskék kinetikai hatásra történő elrendeződésének időbeli és térbeli kialakulására, a rendszerek rendezettségére, az eltérő típusú (részecske-részecske és részecske-fal) kapcsolatok fejlődésére, a töltés/csomagolás/tárolás optimalizált tervezésére fókuszál. A falra ható koncentrált erő maximuma a 850-os oldalfalú tartályban több mint négyszer nagyobb (2.59 N), mint a legkisebb erőmaximum (0.6 N), ami a 750-os oldalfalú tartályban volt. Az eltérő oldalfal dőlésszögek ca. 2%-os eltérést jelentettek a részecskék átlagos érintkezési-pont számában (Ncmax=Nc (1000)=2.77; Ncmin=Nc (950)=2.72). A tartályokba elsőként érkező (0-10%), részecskék átlag magassági koordinátája a 750 dőlésszögű tartályban volt a legnagyobb (3.42d; SD:0.78), a 950 dőlésszögű tartályban a legkisebb (1.54d; SD:0.85). A részecskékre ható normálerő átlaga a 1000-os tartályokban több mint kétszer akkora (0.05 N), mint a mért legkisebb, 750-os (0.02N). A granulátum rendszerek részecskéinek a többi részecskével és a henger határoló elemekkel való kapcsolatszám összefüggése kvázistatikus állapotokban exponenciális. Különösen a kisméretű, kiselemszámú granulátum-térhatárolók precíz tervezésekor a koncentrált erő változatossága meghatározó. Ugyanakkor a meglévő anyagjellemzők és idealizált modellek adaptálhatósága nehézkes. Az optimalizált tervezéshez a részecskék rendszerbe érkezési sorrendjének ismerete szükségszerű.*

Kulcsszavak: *gömb granulátum, henger, csonkakúp, DEM*

BEVEZETÉS

A száraz granulátumok a természetben és az iparban egyaránt gyakran előfordulnak. Az egyes, zárt határokkal rendelkező térhatárolók (tartályok, tárolók, csomagolóanyagok) granulátumokkal való töltési folyamatának tanulmányozása számos ipari területen aktuális kérdés. A nagyobb méretű határolók közé érkeztetett száraz, nagyszemcsés rendszerek részecskéinek megfelelő időbeli sorrendje és elrendeződése az építőiparban, vegyiparban, mezőgazdaságban és az élelmiszeriparban is meghatározó. A kisebb méretű térelemekben való részecske elrendeződés a magas termék-esztétikai igényű iparágakban, példaként a gyógyszergyártásban, a kozmetikai iparban, az élelmiszergyártásban, a közvetlen termékcsomagolással összefüggésben is különösen fontos. A magas költségű sokelemes termékek és csomagoló anyagok optimalizált gyártása eltérő biztonsági tényezők meghatározását, egyedi, precíz tervezést igényel.

Az egymást érintő, kemény, szilárd gömbökből álló, ú.n. száraz halmazokban az elemek elhelyezkedése ismétlődő (pl. kocka, hexagonális térrács), vagy nem ismétlődő (random) térbeli elhelyezkedését, ú.n. csomagolást követ. A granulátumrendszert érő terhelés hatására az egyes gömbök érintkezési pontjai meghatározzák az erőátadás térbeli módját. Így, a mérési módszertől függő sűrűségű, nemlineáris erőláncokból álló erőhálózat alakul ki [1, 2].

Régóta ismert, hogy a tárolókban elhelyezett szemcsés anyag a tárolók oldalfalán a folyadékoktól eltérő jellegzetességű erőt és nyomást okoz. Ennek meghatározására több hagyományos, egyszerűsített módszer is létezik [3, 4]. Ezek azonban gyakran nem veszik elegendő alapossággal figyelembe az erőláncok okán létrejövő koncentrált erő változatosságát. Alkalmazásukhoz olyan jellemzők ismerete szükséges (pl. falsúrlódás, térfogatsűrűség, feszültségarány), mely a tervezési folyamat során gyakran nem ismert. A korszerű numerikus módszerekkel végzett újabb kutatások a zárt rendszerekbe érkező részecskék kezdeti pozíciójának, sebességének, az elrendeződések kialakulásának alaposabb tanulmányozására is kiterjednek [5]. A számítógépes szimulációk elterjedésével empirikus megfigyelésekkel nehezen megvalósítható (pl. súrlódásmentes felületek, gravitáció hatása stb.) folyamatok is vizsgálhatóak.

A csomagoló- és tárolóanyagok forma-, méret- és funkcióváltozatossága az egyedi méretezést teszi szükségessé. Annak ellenére, hogy számtalan tanulmány vizsgálta a henger és csonkakúp formájú granulátumtárolók erőtani jellegzetességeit [6, 7], ezek nagyrésze alacsony esztétikai igényű tárolókat (pl. siló) és sokelemes részecske rendszereket elemez. Ez a tanulmány - hiánypótlóként – kiselemű (592), idealizált részecske- és falsúrlódással (μp-b=0) rendelkező. csonkakúp határolók közé dinamikusan érkeztetett granulátum rendszereket elemez, az optimalizált töltés és csomagolás/tárolás potenciális igényeire fókuszálva. A monodiszperz gömb részecskerendszerek vizsgálata DEM szimulációval történt. Az analízis a részecskék kapcsolatainak típus szerinti fejlődésére, a részecskékre és a határoló falakra ható normálerő alakulására fókuszál. A tanulmány kulcsfontosságú a granulátum halmazokat határoló elemek tervezéséhez.

MÓDSZEREK

Az ebben a tanulmányban szereplő DEM szimulációk ANSYS ROCKY 24.2.0 szoftverrel készültek. A DEM ömlesztett szilárd részecskékből álló halmazok viselkedésének leírására alkalmas numerikus technika. A DEM elméletét 1956-ban vezették be a molekuláris dinamikai folyamatok tanulmányozása céljából [8]. A granulátumok mechanikai viselkedését különálló elemekből álló metódusszintű alapelveket az 1970-es években fejlesztették ki [9]. Napjainkra a multifizikai és multiléptékű megközelítés, az egyes szoftverek együttes alkalmazásának lehetősége és integrációja összetett folyamatok együttes vizsgálatára is lehetőséget nyújt. Több iparág is aktívan alkalmazza a DEM szimulációkat az egyes fizikai folyamatok megértésére, gyártási folyamatok optimalizálására. Az anyagszerkezeti tulajdonságok eltérő módú leírása ugyanakkor az empirikus anyagmodellek kalibrálását, új, bővített anyagadatbázisokat tesz szükségessé. Mindemellett a szimulációs szoftverek kalkulációs metódusa, a számítógépek kapacitása a kutatási eredményekre meghatározó. Az eredményeket befolyásoló időlépés (time

step), részecskeszám, felületek összetettsége, az alkalmazott durva szemcsézési modell (Coarse-Graining Model), stb. a szimulációs időre nagy befolyással vannak.

A szemcsés anyagok DEM modellezése az összes részecske mozgásának követését és más részecskékkel, valamint környezetükkel való kontaktusok észlelését foglalja magában. Az egyes részecskékre ható teljes erő az érintkezési erők mellett az egyéb ható erők összegének eredménye. Ezek a DEM szimulációk során gyakran tömegerőt és felületi erőt jelentenek. Eszerint egy részecskére:

$$\sum \boldsymbol{F}_{net} = \sum \boldsymbol{F}_{body} + \sum \boldsymbol{F}_{surface} = m\frac{d\mathbf{v}}{dt}. \tag{1}$$

Az egyes részecskék mozgásegyenletei számszerűen integrálódnak az időbe. A részecske pozíció, sebesség és időlépés (Δt) alapján a szimulációk során a részecske következő pozícióba való elmozdítása:

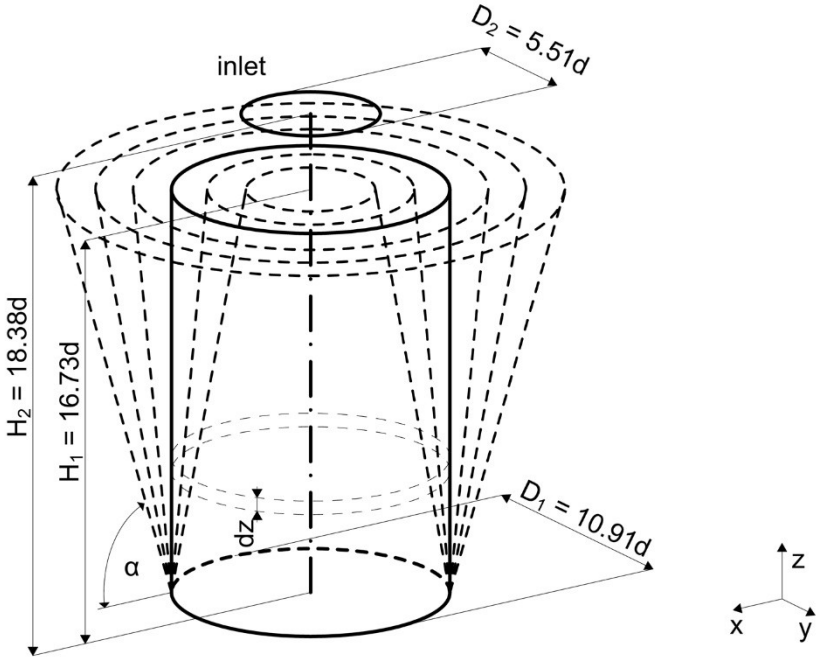
$$\boldsymbol{v}_{new} = \boldsymbol{v}_{old} + \int_t^{t+\Delta t} \frac{\sum \boldsymbol{F}_{net}}{m} dt\,, \tag{2}$$

$$\boldsymbol{x}_{new} = \boldsymbol{x}_{old} + \int_t^{t+\Delta t} \mathbf{v}_{new} dt \tag{3}$$

metódus szerint történik. Az alkalmazott szoftver a sebesség esetében Euler elsőrendű, az elmozdulásra pedig módosított elsőrendű interpolációs sémát használ. A kapcsolati erők két összetevőre bontottak: az érintkezési síkra merőleges, az ütközés normálvektorával párhuzamos (normál) és a síkban lévő (tangenciális) erőkre. Az érintkezési sík általában a részecske és egy másik elem (részecske vagy határoló felület) tömegközéppontja, alakja, egymáshoz viszonyított helyzete alapján meghatározott. A részecskék elrendeződésére fókuszálva ebben a tanulmányban adhéziómentes részecske-, a granulátumrendszer és a határoló között pedig súrlódásmentes kapcsolatrendszer feltételezés történt. A kapcsolati erők normál összetevője a módosított Hertz féle rugó modell alapján került megadásra. Eszerint a normálerő:

$$\mathbf{F}_n = \frac{4}{3} * \frac{1}{\left(\frac{1-\nu_1^2}{E_1}+\frac{1-\nu_2^2}{E_2}\right)}\sqrt{R^*} * s_n^{\frac{3}{2}} + 2\eta_H \sqrt{m^* \left[\frac{4}{3} * \frac{1}{\left(\frac{1-\nu_1^2}{E_1}+\frac{1-\nu_2^2}{E_2}\right)}\sqrt{R^*}\right] * s_n^{\frac{1}{4}} \dot{s}_n} \tag{4}$$

ahol s_n a kapcsolat normál átfedése, ($\dot{s}_n$) az átfedés idő szerinti deriváltja. E_1 és E_2 egy-egy, kapcsolatban lévő elem Young modulusa, ν_1 és ν_2 a vonatkozó Poisson állandók, η_H pedig a csillapítási arány. Az R^* effektív sugár a részecske-részecske ütközésekre: $1/R^*=(2/L_1+2/L_2)$, a részecske-határoló ütközésekre: $1/R^*=(2/L)$ módon került megadásra, ahol L, L_1 és L_2 az ütközésben résztvevő részecskék méretének függvénye. Az m^* effektív tömeg: $1/m^*=(1/m_1+1/m_2)$ a részecske-részecske, $1/m^*=1/m$ a részecske-határoló ütközésekre. A kapcsolati erők tangenciális komponense ($\mathbf{F}_\tau$) a Coulomb féle lineáris rugó modell határfeltételeként került megadásra. Eszerint:



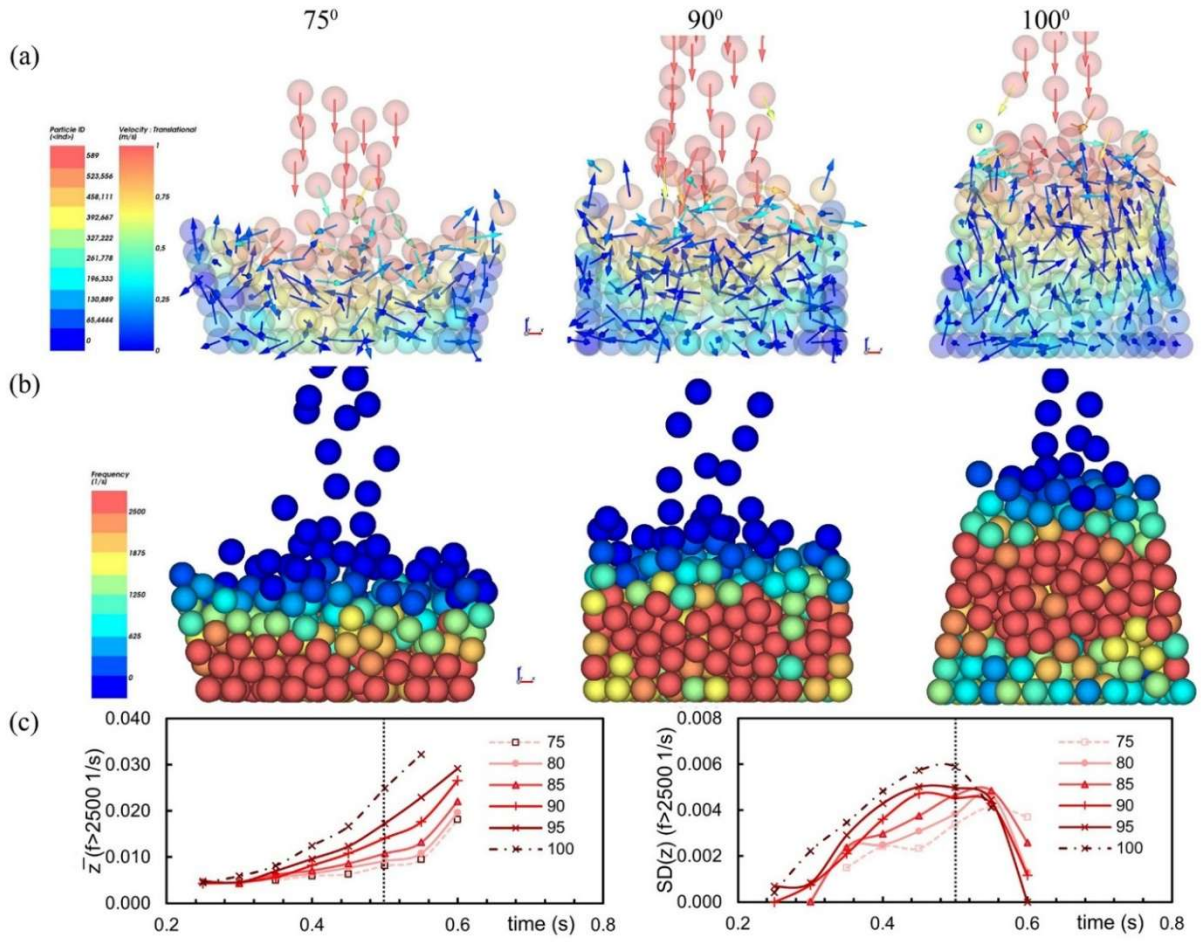
1. Ábra: A kísérleti beállítások vázrajza

$$\mathbf{F}_\tau = \min(|\mathbf{F}_{\tau,e}|, \mu\mathbf{F}_n)\frac{\mathbf{F}_{\tau,e}}{|\mathbf{F}_{\tau,e}|}, \tag{5}$$

ahol μ csúszástól függően a statikus, vagy dinamikus (μ_s, μ_d) súrlódási együttható. $\mathbf{F}_\tau^{t-\Delta t}$ a tangenciális erő a megelőző időpontban, K_τ az érintkezési pont ú.n. tangenciális merevsége, $\Delta\mathbf{s}_\tau$ a tangenciális irányú relatív elmozdulás [10].

Az elemzésre került granulátum rendszereket azonos átmérőjű (d=5.44 mm), szabályos gömb részecskék alkották. A rendszerre ható egyetlen külső erőként a gravitáció (g=9.81 m/s^2) került megadásra. A szimulációban megadott anyagjellemzők a [11]-ben megadottal azonosak és az alábbiak: tömeg sűrűség (ρ_p, ρ_b): 1000 kg/m^3, Poisson arány (ν_p, ν_b): 0.34, Young modulus (E_p, E_b): 3×10^9 N/m^2, statikus súrlódási együttható ($\mu_{s,p\text{-}p}$; $\mu_{s,p\text{-}b}$): 0.3; 0, dinamikus súrlódási együttható ($\mu_{d,p\text{-}p}$; $\mu_{d,p\text{-}b}$): 0.3; 0, restitúciós koefficiens ($e_{p\text{-}p}$; $e_{p\text{-}b}$): 0.87; 0.3, kalkulációs időlépés (Δt): 1×10^{-6} s (p: részecske, b: határoló fal). A numerikus vizsgálat geometriai elrendezése az 1. ábra szerinti. Eszerint a részecskék csonkakúp alakú, 10.91d talp átmérőjű, 16.73d oldalfal hosszúságú tartályba érkeznek. Az egyes szcenáriókban hat eltérő tartály oldalfal dőlésszög (α) került megadásra, így 75^0; 80^0; 85^0; 90^0; 95^0; 100^0. A részecskék rendszerbe érkeztetése 5.51d sugarú kör inletről történt, mely a tartályok aljától 18.38d magasságban került elhelyezésre. Középpontja a tartályok középtengelyén helyezkedett el. Az inlet tömegárama (Q_m) minden szcenárióban 50 g/s. A részecskék rendszerbe érkeztetése 0.5 s-ig, a szimuláció 2 s-ig tartott. Minden szimuláció nyolcszor lett megismételve. Az analízis során az egyes jellemzők (X) átlagtól ($\bar{X}$) való átlagos eltérésének (SD_x) megállapítása az alábbi összefüggéssel történt:

$$SD_X = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(X_i-\bar{X})^2}{n}} \tag{6}$$

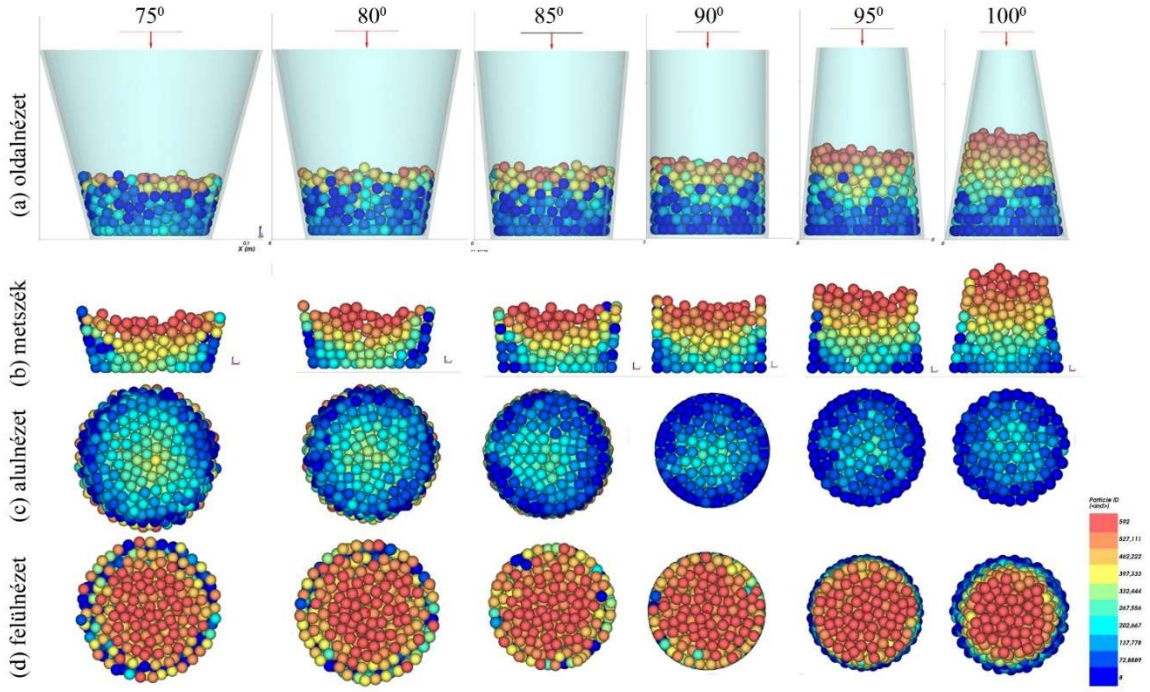


2. Ábra: A részecskék (a) normál transzlációs sebességvektorai a feltöltés során eltérő oldalfal dőlésszögű tartálytípusokban. A tartályok hossztengelyén keresztül felvett, y=2d mély metszék zx felületén, vektor arány: 0.008, részecske átlátszóság: 70% (b) ütközések gyakorisága (f) a tartályok hossztengelyén keresztül felvett, -y irányú metszeteken, t=0.5 s. (c) a magasabb ütközésszámú (f>2500) részecskék átlagos z-koordinátájának (z̄) és átlagtól való átlagos eltérésének (SDx) alakulása.

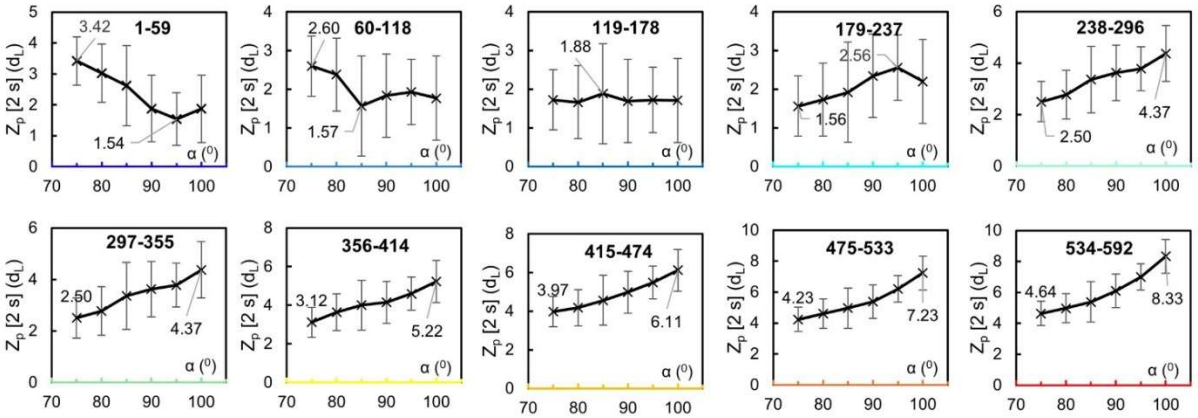
EREDMÉNYEK

A 2. ábra a tartályok töltése közben (t[0.5s]) a jellegzetes részecske transzlációs mozgásokat szemlélteti, eltérő tartályfal dőlésszög esetén. A 2. ábra(a) alapján, amikor a granulátum rendszer töltési szélessége ca. 5d-vel meghaladja az inlet szélességét, a tartályok felső, ca. 3-4 sornyi aktív zónája a tartályok fala felé, oldalirányba tolja az alsóbb rétegeket. Ezen alsóbb rétegek részecskéi megjelennek a tartályok oldalfalán, dőlésszögtől függően az újonnan rendszerbe érkező részecskék keverékeiként („mixed layers”). A nagyobb dőlésszögű formák esetében (pl. 100^0) ugyanazon töltési idő nagyobb részecske sormagasságot eredményez. A részecskék horizontális irányú elmozdulása itt a töltési szélesség és az inlet szélesség különbégének következtében, valamint a meredekebb oldalfal okán korlátozott. A legaktívabb ütközésszámú (f>2500 1/s) zónasáv (2. ábra(b), piros), mely 4-5 részecske átmérő magas, tartályformától függően eltérő időben emelkedik el a tartály aljától (2. ábra(c)).

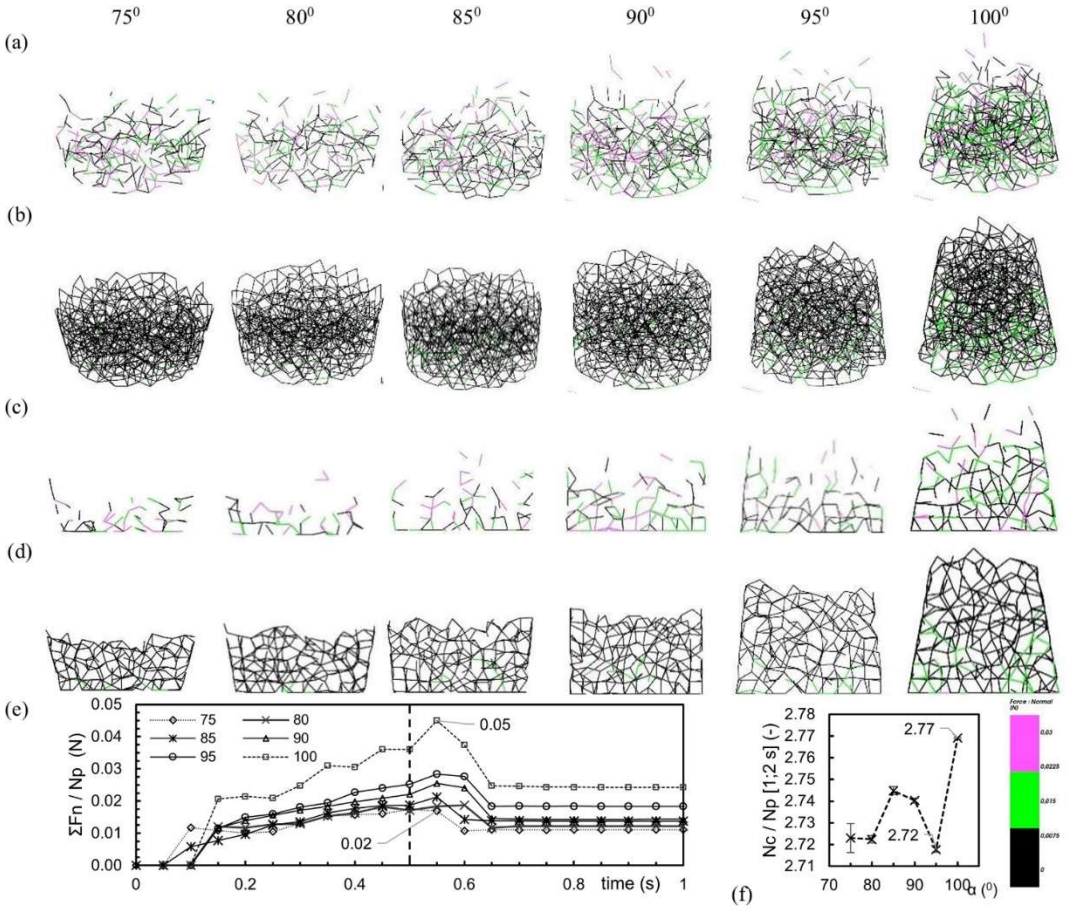
A 3. ábrán jól látható, hogy a határolókba elsőként érkező (ID[0;59]) részecskék minden esetben a tartályok alsó peremének környezetében helyezkednek el (3. ábra, kék). A 4. ábra szerint pedig a részecskék z-koordinátájának átlaga – a töltési idő első 40%-ában), nem követi monoton módon a tartályok dőlésszögének sorrendjét.



3. Ábra: Az egyes granulátum rendszerekben a részecskék elrendeződése az érkezési idő szerinti sorrend (ID) alapján (a) y-irányú nézetben, (b) y=2d mély metszék zx felületén (c)alul- és (d) felülnézetben.

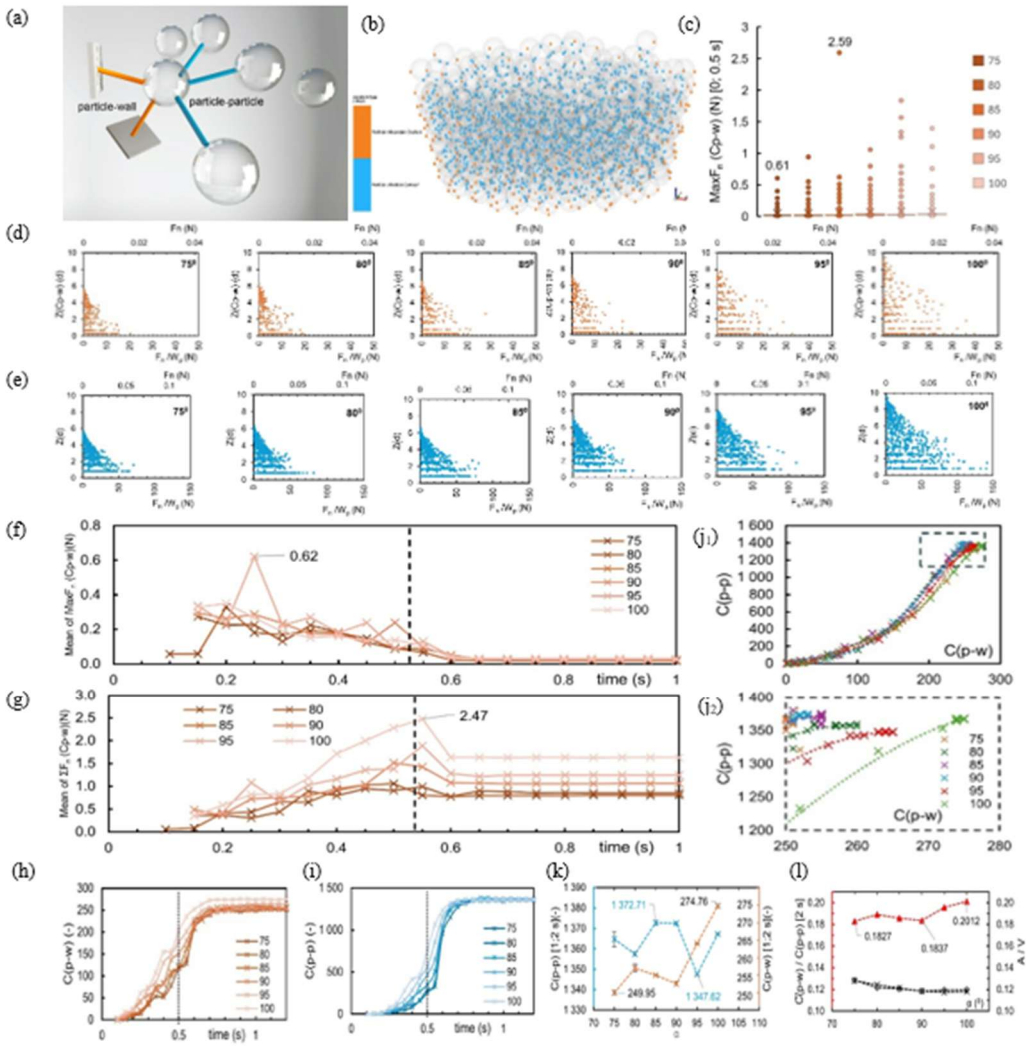


4. Ábra: Az egyes granulátum rendszerekben a részecskék tömegközépponti z-koordinátájának (Zp) és a tartályfalak dőlésszögének összefüggése az érkezési idő (ID) szerint meghatározott 10 osztásköz bontásában. Átlag és SD.



5. Ábra: Az egyes granulátum rendszerekben a részecske kapcsolati hálórendszer (a) t=0.5, (b) t=2.0 s időpontokban axonometrikus nézetben és (c) t=0.5, (d) t=2.0 s időpontokban y=2d mély, centrális középtengelyű metszékeken, három normálerő osztásköz jelölésével. (e) A részecskékre ható átlagos normálerő alakulása. (f) A részecskék átlagos kapcsolatszáma és a tartály dőlésszög összefüggése a konszolidációs szakaszban (t=1-2s).

Az 5. ábra alapján az egymással érintkező részecskék tartályformától függő kapcsolati hálórendszert formálnak, heterogén normálerő értékekkel. A részecskékre ható átlagos normálerő a 80^0-os fal kivételével minden tartály esetében az inlet működését követő első output timestep idején (t=0.55s) érte el a maximumát. Ez a 100^0-os tartályfalak között rendeződött részecskék esetében 2.5-szerese a 75^0-os térnek. A nagy átlagos normálerő eltérések mellett ugyanakkor a részecskék átlagos kapcsolatszáma a kvázistatikus szakaszban (t[1;2s]) az egyes tartályformákban alig eltérő ($N_c/N_p(min)=2.72$; $N_c/N_p(max)=2.77$).



6. Ábra: (a) a részecskék egymással (cp-p) és a fallal (cp-w) való kapcsolatainak szemléltető ábrája, (b) a cp-p és cp-w kapcsolatok granulátumhalmazon belül, (c) a legnagyobb cp-w -ben mért normálerő (Fn) adatok falszögenként 8 szimuláció eredményeiből, (d) a falra ható normálerő támadáspontjának és az (e) részecskékre ható normálerő részecskesorban mért magassági koordinátájának és a fajlagos normálerő (Fn/Wp) összefüggése, (f) a tartályfalra ható legnagyobb normálerő átlagának és az (g) összes normálerő átlagának fejlődése, a (h) cp-w és a (i) cp-p kapcsolatszámok alakulása tartályformák szerint, (j1-j2) a cp-p és a cp-w kapcsolatszámok összefüggése. (k) a cp-p és a cp-w kapcsolatszámok kvázistatikus állapotban, átlag és SD, (l) a részecske-fal és részecske-részecske kapcsolat arány ((cp-w/ cp-p), piros), valamint a legnagyobb falkapcsolat z-koordináta magasságból (◊) és az azonos térfogat alapján (×) számított felszín és térfogat arány (A/V) összefüggése a tartály hajlásszöggel.

KONKLÚZIÓ

Szemcsés elemekből álló halmazok fix határolóelemeinek (pl. csomagolás, tárolás) terhelésre méretezett, anyag és költség-optimalizált, precíz tervezésekor a tárolt elemek elhelyezkedésének, teherátadási módjának, így a keletkezett erő mértékének és helyének (töltési mód, méret, anyagszerkezeti tulajdonságok stb.) alapos ismerete nélkülözhetetlen. A

tanulmány eredményei a feladatorientált tervezési elvekből kiindulva, tartály dőlésszögenként az alábbiak:

	falra ható koncentrált erő		részecskék átlagos kapcsolatszáma		elsőként érkező (0-10%), részecskék átlagos magassági koordinátája		részecskékre ható normálerő átlaga	
	min	max	min	max	min	max	min	max
75^0	0.6 N					3.42d; SD:0.78	0.02N	
80^0								
85^0		2.59 N						
90^0								
95^0			2.72		1.54d; SD:0.85			
100^0				2.77				0.05 N

A granulátum rendszerek részecskéinek a többi részecskével és a henger határoló elemekkel való kapcsolatszám összefüggése kvázistatikus állapotokban exponenciális. A granulátum-térhatárolók precíz tervezésekor a megoszló jellegű teher mellett a koncentrált erő is meghatározó. Ugyanakkor a meglévő anyagjellemzők és idealizált modellek adaptálhatósága nehézkes. Az optimalizált tervezéshez a részecskék rendszerbe érkezési sorrendjének ismerete kulcsfontosságú.

HIVATKOZÁSOK

[1] Clark AH, Petersen AJ, Kondic L, Behringer RP (2015) Nonlinear force propagation during granular impact. Phys Rev Lett 114: https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.114.144502

[2] Pouragha M, Duriez J, Wautier A, et al (2019) Preferential growth of force network in granular media. Granul Matter 21: https://doi.org/10.1007/s10035-019-0919-1

[3] Dornelas KC, Soares Rodrigues HC, Cheung AB, et al (2024) Pressures in squat steel silo with flat bottom storing maize grain. J Stored Prod Res 109:102424. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jspr.2024.102424

[4] Janssen HA (1895) Versuche über Getreidedruck in Silozellen. Zeitschr d Vereines deutscher Ingenieure 39:

[5] Fang Y, Li X, Guo L, et al (2022) The experiment and analysis of the stress dip underneath the granular silo. Granul Matter 24: https://doi.org/10.1007/s10035-022-01214-w

[6] Liu YY, Zhang DL, Dai BB, et al (2021) Experimental study on vertical stress distribution underneath granular silos. Powder Technol 381: https://doi.org/10.1016/j.powtec.2020.11.066

[7] Schwab C V., Ross IJ, White GM, Colliver DG (1996) Wheat loads and vertical pressure distribution in a full-scale bin part II - Detention. Transactions of the American Society of Agricultural Engineers 39: https://doi.org/10.13031/2013.27606

[8] Battimelli G, Ciccotti G (2018) Berni Alder and the pioneering times of molecular simulation. European Physical Journal H 43: https://doi.org/10.1140/epjh/e2018-90027-5

[9] Cundall PA, Strack ODL (1979) A discrete numerical model for granular assemblies. Geotechnique 29: https://doi.org/10.1680/geot.1979.29.1.47

[10] ANSYS Inc (2024) ANSYS Rocky User Manual
[11] Nakai F, Yoshii K (2024) Reducing segregation in vibrated binary-sized granular mixtures by excessive small particle introduction. Granul Matter 27:7. https://doi.org/10.1007/s10035-024-01476-6

Szerző:

Edelmann Dóra
Biztonságtudományi Doktori Iskola, Óbudai Egyetem
1088 Budapest, József körút 6. III. emelet J321
Telefon: +36 (1) 666-7139 E-mail: edelmann.dora@phd.uni-obuda.hu

A CIRKUSZ MINDENKIÉ

PROKAI Piroska, PÁL LÁSZLÓ Bendegúz
Médiatechnológiai és Könnyűipari Intézet

DOI: 10.12700/TMMK.2026.002

Kivonat: *A tanulást, mint folyamatot terhelt tevékenységgé alakította a klasszikus oktatási rendszer. Sajnos a mai teljesítményorientált társadalomban már az oktatás is arról szól, hogy egy előre meghatározott feladatot időre tudjon megvalósítani a hallgató. Ez a kényszer nagyon megterheli a diákokat, főleg akkor, ha ők maguk maximalisták és szeretnék a legjobbat kihozni magukból, továbbá félnek a kudarctól. Fontos, hogy az oktatást adaptáljuk a jelen kor idegrendszeri kihívásaihoz. Ennek a folyamatnak szerves része a játékosítás, és itt kapcsolódik be a cirkuszpedagógia a fejlesztésbe. A „Zsonglőrködés a hatékony tanuláshoz" kurzus már tizenharmadik alkalommal került meghirdetésre az Óbudai Egyetem hallgatói számára. Cél, hogy a frontális oktatási formából kilépve, a saját tehetségüket felismerve, és csapatmunkára ösztönözve a hallgatók könnyebben beilleszkedjenek a felsőoktatásba. Ehhez hívja segítségül a kurzus módszertana a zsonglőrködés neurológiai harmóniára és a tanulási hatékonyságra kifejtett pozitív hatásait az elméleti és gyakorlati munkán keresztül.*

Kulcsszavak: *cirkuszpedagógia, három labda kaszkád, zsonglőrködés, készségfejlesztés, csoportmunka*

BEVEZETÉS

Sokféle tanulássegítő kurzus létezik, melyeken tanulás módszertani elméleteket lehet elsajátítani. Azonban a „Zsonglőrködés a hatékony tanuláshoz" kurzus során fontos szerepet kap a játékosítás, és az új készségek elsajátítása. Ezek azok a területek, ahol a cirkuszpedagógia is bekapcsolódik a fejlesztésbe. A gyakorlati foglalkozásokon a frontális oktatási körből kilépve, egyfajta saját tehetség felismerés által, minden hallgató csapatmunkában vesz részt, és a saját erősségeivel támogathatja a csapattársakat. Ez a szemléletformálás lehetővé teszi, hogy a hallgatók nyitottabbak legyenek mások felé, és merjenek segítséget kérni, illetve segítséget nyújtani, tehát könnyebben beilleszkedjenek egy közösségbe. A Zsonglőrködés a hatékony tanuláshoz kurzust először a 2018/19-es tanévben hirdettük meg az „Óbudai Egyetem komplex intézményi fejlesztései a felsőfokú oktatás minőségének és hozzáférhetőségének együttes javítása érdekében" projekt részeként. A kurzus célja a felsőoktatásban való bennmaradás elősegítése, a hallgatók tanulási motivációjának serkentése, kari orientációtól, szakmai érdeklődési körtől, és a hallgató tanulási nehézséginek mértékétől függetlenül, támogatva ezzel a felsőoktatási esélyegyenlőséget. Olyan cirkuszpedagógiai módszerek felhasználásával, amely fejleszti a hallgatók kognitív és szociális készségeit. Mivel a zsonglőrködés egy olyan tevékenység, mely megfelelő módszertannal könnyen elsajátítható, segítséget nyújt abban, hogy a hallgatók motiváltan fogjanak neki az új dolgok megtanulásának, és kitartóak legyenek azok elsajátításakor. Megdolgoztatva a jobb és a bal agyfélteke közötti kommunikációs csatornákat, a zsonglőrködés fejleszti az idegrendszert. A „Zsonglőrködés a hatékony

tanuláshoz” című kurzus meghirdetésének a célja, hogy a zsonglőrködés a neurológiai harmónia és a tanulási hatékonyság növelésében játszott szerepének elméleti és gyakorlati megismerésén túl a hallgatók önbizalmát és csapatmunkában való részvételi hajlandóságát fejlessze. A Zsonglőrködés a hatékony tanuláshoz kurzus a 2025/26-os tanév őszi félévében már a 11. szemeszterben, összesen 13 alakalommal került meghirdetésre, és egyre nagyobb népszerűségnek örvend. Ezt a szabadon választható kurzust a magyar diákok mellett a Stipendium Hungaricum programban, angol nyelvű képzésben részt vevő hallgatók, valamint más angol nyelvű képzések diákjai közül is többen választották, nemzetközi hangulatot teremtve az egyes gyakorlati foglalkozásokon. Továbbá, immár 2. alkalommal kerül a tárgy angol nyelven, „Juggling for the effective learning” címmel, is meghirdetésre.

A REKREÁCIÓS CIRKUSZPEDAGÓGIA MÓDSZERTANA

A zsonglőr kurzuson cirkuszpedagógiai módszerek felhasználásával fejleszthetik a hallgatók a kognitív készségeiket. A kurzuson különböző zsonglőreszközök elsajátításába lehet betekintést nyerni és azokkal testközelből megismerkedni. A csoportos feladatok során oldott légkörben, vidáman, játékos módszerekkel válnak egyre nyilvánvalóbbá a hallgatók egyéni értékei, mely kellemes közösségi élményt ad az egyetemi oktatás keretei között (1. ábra).



1. Ábra: Csoportkép a kurzus hangulatáról

A cirkuszpedagógia ma már sokkal többet jelent, mint a cirkuszi készségek továbbadásának módszertanát az artisták számára. A XX. század második felében az újcirkusz áramlatnak köszönhetően a cirkuszi tudás kilépett a manézs, azaz a hagyományos cirkuszi színpad világából. Ennek az újszerű szemléletnek a hazai terjedéséhez a Magyar Zsonglőr Egyesület húsz éves szerteágazó társadalmi munkájával járul hozzá. [1]

A zsonglőrködés elkezdéséhez szükséges a legkevesebb fizikai feltétel, mind eszközben, mind testi adottságokban, hiszen a kellékek könnyen mozgathatók. Nem kíván különleges állóképességet a résztvevőktől; ez a könnyített ága, a funkcionális zsonglőrködés (ami Craig

Quat munkássága nyomán indult el) konkrétan a fogyatékkal élők lehetőségeire fordítja le a módszertant. Megteremti a lehetőséget, hogy a cirkuszi fejlesztő tevékenység elérhető legyen a speciális igényűek számára is, ami már az adaptált cirkuszpedagógia területe. Ahogy a fentiekből látszik, a cirkuszpedagógia ilyen irányú felhasználásának már nem az artistaképzés a célja, sokkal diverzifikáltabb módszertanok összessége áll a hátterében. A megközelítést először a szociális cirkusz címszóval illették, de azóta már megkülönböztetésre került inkluzív-, rekreációs-, fukcionális-, terápiás cirkuszpedagógia is, amik többek között az iskolai testnevelésóra keretében, szabadidős tevékenység keretében, közösségépítő eszközként, vagy konkrét gyógypedagógiai, idegrendszeri fejlesztő munkákban is használhatók. (2. ábra).



2. Ábra: Craig Quat Gallyas Veronika fordításában tanít a funkcionális zsonglőrködésről

A szociális cirkusz egyéni fejlesztő hatását Reg Bolton: Why Circus Works című munkája ismerteti. A fiatalok szocializációja során, miközben egy fiatal gyermekből felnőtté válik valaki, a következő hat terület bír igazán nagy fontossággal: az önismeret, a kockázat, a bizalom, a képzelet, a kitartó munka és a szórakozás. Ezt Bolton a kéz 5 ujjához és a tenyér hatos egységéhez hasonlítja, ahol az öt aspektus alapját és összekötőjét jelentő tenyér, a cirkuszt körülvevő vidámság szimbóluma (3. ábra). [2]



3. Ábra: Reg Bolton – a cirkusz működik

A ZSONGLŐRKÖDÉS IDEGRENDSZERRE GYAKOROLT HATÁSA

A cirkuszpedagógiai megközelítések általános jellemzője, hogy a cirkusz nem cél, hanem eszköz, ami támogatja az oktatóknak a diákcsoportokkal végzett munkáját. A gyakorlatokat levezénylő oktató által átadott közösségfejlesztő tudás társítása zajlik kreatív pedagógiai és fejlesztő tevékenységekkel. A zsonglőrködés idegrendszeri fejlesztő hatása tudományosan bizonyított, több külföldi kutatás támasztja alá kiemelkedő hatékonyságát. [3] Magyarországon Dr. Gyarmathy Éva alkotta meg a diszes- és tanulási zavarokkal élők segítésére azt a terápiás folyamatot, melynek alapja, hogy a zsonglőrködéssel stimulálni lehet a két agyfélteke közötti híd működését. A nagy koordinációt és precizitást igénylő rendezett ütemű keresztező mozgások következtében történik az idegrendszer harmonizálása és revitalizálása. E fejlesztő, rendező folyamat pedig pozitívan hat az egyén pszichés egészségére.

AZ ÓBUDAI EGYETEM ZSONGLŐRKÖDÉS A HATÉKONY TANULÁSHOZ SZABADON VÁLASZTHATÓ KURZUSA

Óbudai Egyetem Esélyegyenlőségi Bizottsága a munkája során gyakran találkozik különböző fogyatékossággal élő hallgatókkal. Többségük csak akkor kereste meg a kari esélyegyenlőségi koordinátorát, amikor a tanulmányai befejezéséhez közeledve egy bizonyos tárgyat többszöri nekifutásra sem sikerül teljesítenie vagy a nyelvi követelményeken akad fenn. Előfordult, hogy már korábban is tapasztalt tanulási nehézséget (például a nyelv elsajátításakor), de nem tulajdonított neki különösebb jelentőséget. Az itt említett hallgatók többsége valamilyen diszfunkciós problémával küzd (diszlexiás, diszgráfiás, esetleg diszkalkuliás). Ezen „állapot” hátterében valamilyen „fejlődési rendellenesség” áll, mely bizonyos (jobb- és bal agyféltekét megdolgoztató) technikákkal jól fejleszthető. Itt érdekes megjegyezni, hogy a zsonglőrködés pszichés állapotra gyakorolt pozitív hatását már bizonyították Japánban szorongás témában, egy speciális, kis mintavételű kutatásban. [4]

A hallgatók szociálisan jó képességekkel rendelkeznek, bár előfordul, hogy az alulteljesítés miatti félelmükben visszahúzódók, kevésbé barátkoznak társaikkal, mely később a munkakeresésnél is negatív hatással lehet például egy állásinterjún. A Zsonglőrködés a hatékony tanuláshoz című választható kurzus azért jött létre, hogy főleg a diszfunkcióval és egyéb pszichés fejlődési rendellenességgel küzdő hallgatókat fejlessze, valamint a tanulási hátrányaikat csökkentse, integrációjukat elősegítse. Célunk, hogy ezáltal is segítsük a fogyatékossággal élő és „ép" társaik közötti szakadék csökkentését (4. ábra).



4. Ábra: Látogatás az Inspirál Cirkuszközpontban

A kurzus hallgatói között voltak olyan diákok is, akik, bár semmilyen igazolt diszfunkcióval nem rendelkeztek, mégis elmondható, hogy számukra is nagyon hatásosnak bizonyult a foglalkozás, mivel segített nekik abban, hogy könnyebben beilleszkedjenek egy közösségbe, könnyebben nyissanak mások felé, többek között a tanulási nehézségekkel élő hallgatótársaik irányába. Ez pozitív integrációs hatással bír az egyetem számára.

A kurzus 2024 tavasza óta egyetemi szintű tantárgy, ezért minden karról érkeznek hallgatók az RKK épületébe, hogy részt vegyenek a foglalkozáson. Ezen felül pedig 2023-ban volt először, hogy külföldi hallgatók is felvették a kurzust, ami bizonyítja, hogy a cirkusz, mint közös nyelv képes összehozni embereket kultúrától függetlenül. Ez viszont magával hozta azt, hogy a külföldi hallgatók miatt sok információ angolul hangzott el, ami a magyar nyelvű kurzust felvett hallgatók lemaradásához vezetett. Ezt kiküszöbölve, 2025 tavaszi félévétől már angol nyelven is elérhetővé vált a Zsonglőrködés a hatékony tanuláshoz kurzus „Juggling for effective learning" címen. Ez megnyitotta a lehetőséget arra, hogy mind a külföldi, mind az angol nyelvet gyakorolni kívánó hazai egyetemisták is részesülhessenek a tantárgy fejlesztő hatásából.

A TUDÁSBÁZIS KIALAKÍTÁSA, GYAKORLATI ALKALMAZÁSA

Az Óbudai Egyetemen 2017-ben került kidolgozásra, majd elfogadásra egy olyan kurzus tematikája, amely az elméleti alapokon túl a zsonglőrködést, mint gyakorlatot is bevonja a

hallgatók fejlesztésébe. A kurzus tematikájának kidolgozásában a Magyar Zsonglőr Egyesület zsonglőroktatói is szerepet vállaltak. A rendelkezésre álló tudományos anyagok és a rekreációs cirkuszpedagógiai módszerek segítségével elkészült az elméleti és gyakorlati részből álló kurzusterv. A képzés része egy egyedi vizsgamunka összeállítása és egy pár perces előadása is. Az 2018/19-es tanév 1. félévben, a Zsonglőr kurzuson 7 fő, valamilyen diszfunkciós (diszlexia, diszgráfia) problémával küzdő hallgató vett részt. A második sikeres kurzus, a 2019/20-as tanév tavaszi félévében 6 fő hallgatóval folytatódott, melybe már a Kandó Kálmán Villamosmérnöki Karon tanuló hallgatók is bekapcsolódtak. Bár a kurzus a pandémia miatt az online platformra szorult, örömmel láttuk, hogy a jelentkezők körül a tárgy féléves vizsgaprodukcióját öt hallgatónak sikerült otthon elkészítenie. A harmadik kurzus meghirdetésére egy félév kihagyása után a 2020/21-es tanév tavaszi félévében került sor, ugyancsak a pandémia alatt, melyre már 14 fő jelentkezett.

Nagy örömünkre szolgál, hogy 2021 szeptembere óta minden félévben volt jelentkező a meghirdetett Zsonglőr kurzusra. A 2021/22 II. félévben 9 fő, 2022/23 I. félévében 5 fő, 2022/23 II. félévében 14 fő jelentkezett. A 2023/24 I. félévében 8 fő, a 2023/24 II.15 félévben fő, a 2024/25 I. félévében 17 fő, a 2024/25 II félévben 15 fő választotta a tárgyat. A jelenlegi 2025/26 I. félévben 13 választotta a Zsonglőrködés a hatékony tanuláshoz című szabadon választható kurzust. Továbbá a két utolsó szemeszterben, azaz 2024/25 II. félévében 11 fő, jelenleg pedig a 2025/26-os tanév I. félévében 12 fő vesz részt a Juggling for the effective learning kurzuson. Azaz a tárgy közel 7 éves működése alatt 13 db (11 db magyar nyelvű és 2 db angol nyelvű) kurzussal sikerült színesíteni a hallgatók egyetemi tanulmányit. A kevert kultúrájú, egyébként angol nyelven lefolytatott kurzus jól bizonyította, hogy a cirkuszművészet egy olyan globális közös nyelv, ami nemzeti hovatartozástól függetlenül képes összekötni az embereket. Az alkalmak jó hangulatban teltek, és olyan hallgatók dolgozhattak együtt különböző kreatív feladatokon, akik amúgy nem kapcsolódnának egymáshoz az egyetemi képzés során (5. ábra).



5. Ábra: Külföldi és magyar hallgató közös munkája

A Zsonglőrködés a hatékony tanuláshoz című választható kurzushoz egy előadás és egy óra gyakorlat tartozik. A tárgy teljesítésével két kredit szerezhető meg (6. ábra).

Tárgy neve: Zsonglőrködés a hatékony tanuláshoz	NEPTUN-kód: RMVZS1NBNE	Óraszám: 1+0+1	Kredit: 2 Köv.: évközi jegy
Tantárgyfelelős: Prokai Piroska Pál László Bendegúz	Beosztás: mestertanár	Előkövetelmény:	

Ismeretanyag leírása:

A zsonglőrködésnek a neurológiai harmónia és a tanulási hatékonyság növelésében játszott szerepének elméleti és gyakorlati megismerése.

A tárgy részletes leírása, ütemezés:

Előadások és gyakorlatok témakörei

Oktatási hét	Témakör
1. 2.	Félévi követelmények ismertetése, labdakészítés
	on-line elméleti tananyag – a zsonglőrködés története és kultúrája
3. 4.	gyakorlat – egy labdás egyéni és csoportos zsonglőrgyakorlatok
	on-line elméleti tananyag – a tanulás és tanulási zavar neurológiai háttere és a zsonglőrködés
5. 6.	gyakorlat – zsonglőrgyakorlatok két labdával
	on-line elméleti tananyag – a ritmus és ritmustartás szerepe a tanulási zavarok kezelésében
7. 8.	gyakorlat – a háromlabdás kaszkád
	on-line elméleti tananyag – a háromlabdás kaszkád kiemelt szerepe a tanulási zavar kezelésében
9. 10.	gyakorlat – variációk a háromlabdás kaszkádra
	on-line elméleti tananyag – az egyensúlyrendszer a kognitív szervező
11. 12.	gyakorlat – tányérpörgetés és négylabdás kaszkád
	on-line elméleti tananyag – az ujjak szerepe a kognitív hatékonyságban
13.	gyakorlat – ujjas gyakorlatok: virágbot és tányér pörgetés az ujjakon, diaboló
14.	on-line vizsga, gyakorlati bemutató, évközi jegy megbeszélése

Félévközi követelmények

Foglalkozásokon való részvétel:

A gyakorlati órák látogatása kötelező!

Az aláírás megszerzésének/félévközi jegy kialakításának módszere:

A félévi jegy megszerzésének feltétele a foglalkozásokon való részvétel, és a zh legalább elégséges (40 %) szintű megírása.
Az elméleti részből egy on-line dolgozat írása és a gyakorlati vizsga valamely, a diák által választott eszköz használatából.

Az elsajátítandó szakmai kompetenciák

A zsonglőrködésnek a neurológiai harmónia és a tanulási hatékonyság növelésében játszott szerepének elméleti és gyakorlati megismerése.

Irodalom:

1. Gyarmathy Éva (2012) Az agy hatékonysága a tanulás hatékonysága In: Gyarmathy Éva: Diszlexia a digitális korszakban. Műszaki Könyvkiadó, Budapest.

2. **Prokai, Piroska** & Pál, László Bendegúz Juggling for Effective Learning' - Methods to Encourage the Acquisition of New Skills in an Optional Course at Óbuda University 91 -101. o.Debreceni Egyetem KÜLÖNLEGES BÁNÁSMÓD,X. ÉVF.2024/2. KÜLÖNLEGES BÁNÁSMÓD INTERDISZCIPLINÁRIS (OPEN ACCESS – NYÍLT HOZZÁFÉRÉSŰ) SZAKMAI LAP ISSN 2498-5368 Web: https://ojs.lib.unideb.hu/kulonlegesbanasmodX. évf., 2024/2. szám DOI 10.18458/KB.2024.2.1

3.**Prokai Piroska;** Pál-László Bendegúz: ÓE RKK Projektkonferencia 2023; Projektkonferencia Hazai-és Külföldi Modellek a Projektoktatásban – Nemzetközi Tudományos Konferencia – Az Óbudai Egyetem szabadon választható kurzusa – Zsonglőrködés, mint tanulást ösztönző módszer konferencia cikk. 145-163. oldal oldal ISBN 978-963-449-318-1

4. **Prokai Piroska**; Pál-László Bendegúz: ÓE RKK Projektkonferencia 2020 Hazai és Külföldi Modellek a Projektoktatásban Nemzetközi Tudományos Konferencia Budapest 2020. december 15. konferencia kiadvány168-186. oldal ISBN 978-963-449-199-6;

5. Kisics István (2009) A zsonglőrködés matematikája. ELTE Matematika BSc Matematika tanári szakirány szakdolgozat

6. előadás és gyakorlathoz kapcsolódó prezentációk a moodle rendszerben

6. Ábra: Zsonglőrködés a hatékony tanuláshoz című kurzus tantárgyi tematikája

A félév végi érdemjegy megszerzéséhez az online elméleti tananyagból teszt sikeres megírása szükséges. Az elméleti tananyag teljes egészében az Óbudai Egyetem MOODLE rendszerében megtalálható, részben szöveges, részben (átvett és saját gyártású) oktatóvideók formájában a tantárgyra vonatkozó követelményeket foglalja össze.

A Zsonglőrködés a hatékony tanuláshoz választható kurzus online elérhető elméleti anyaga az alábbi témaköröket tartalmazza:

- a zsonglőrködés története és kultúrája,
- tanulás és tanulási zavar neurológiai háttere és a zsonglőrködés,
- ritmus és ritmustartás szerepe a tanulási zavarok kezelésében,
- háromlabdás kaszkád kiemelt szerepe a tanulási zavar kezelésében,
- az egyensúlyrendszer a kognitív szervező,
- az ujjak szerepe a kognitív hatékonyságban.

Gyakorlati témakörök a zsonglőrtechnikai alapok elsajátítása 5 eszközzel:

- zsonglőrlabda gyakorlatok:
  - labdaérzék fejlesztése 1 labda kezeléssel: test körüli dobások, váltott kéz, csoportgyakorlatok,
  - 2 labda külön kézben trükkvariációk,
  - 2 labda egy kézben,
  - 3 labda kaszkád, azaz 3 labda folyamatos mozgatása,
  - 3 labda alaptrükkök.
- zsonglőrtányér gyakorlatok:
  - tányér bepörgetése,
  - ujjra átvétel, egymásnak átadás,
  - pálcával dobás.
- virágbot gyakorlatok:
  - gurító gyakorlatok, egyéni, csoportban,
  - két vezetőpálcával dobás, passzolás,
  - pálca egyensúlyozása,
  - tik-tak gyakorlat, a váltott pálcával lengetés elsajátítása,
  - egy pálcán forgatás variációk.
- poi gyakorlatok:
  - egykezes pörgetés, test körüli síkok érzékelése,
  - kétkezes forgatás, párhuzamos tartás,
  - keresztezések,
  - aszinkron pörgetés variációk.
- diabolo gyakorlatok:
  - a diabolo behajtása vezetőpálca madzagjával,
  - forgássík kontroll kialakításra,
  - alap madzagtrükkök,
  - diabolo dobása, passzolás.

A tantárgy gyakorlati tematikájának összeállításában Gallyas Veronika a Magyar Zsonglőr Egyesület elnöke, valamint Pál László Bendegúz zsonglőr oktató – jelenleg a gyakorlati foglalkozások vezetője – működött közre. Mindketten már felnőtt korban ismerkedtek meg a zsonglőrködés tudományával. Ennek ismerete sokat segít az egyetemista hallgatóknak abban, hogy nem túl késő elkezdeni a zsonglőrködést akár a húszas éveik elején sem.

Az Óbudai Egyetem stúdiójában egy 6 részes magyar és angol nyelvű oktatóanyag rögzítésével, Pál László Bengedúz előadásában, olyan felvételek készültek, amelyek biztosítják a kurzus fenntarthatóságát a digitális kihívások közepette is (7. ábra).



7. Ábra: Az Óbudai Egyetem Digitális Tananyagok Irodájában készített online oktatóanyag a Zsonglőrködés a hatékony tanuláshoz kurzus gyakorlataihoz

A felvételek részletes tematikája alább olvasható:

1. felvétel:
   - Jay Gilligan általános definíciója: a zsonglőrködés egy olyan tevékenységek műfaja, amelyek mind kapcsolódnak az alapértelmezett mozgásformához – ez a mozgásforma pedig a 3 labda kaszkád,
   - Craig Quat 5 lépéses módszere,
   - különböző módszerek: 1 labda dobásától eljutni a 3-ig,
   - bilaterális aszinkron mozgás fogalma.
2. felvétel:
   - 1 és 2 labda gyakorlatok,
   - Laido Dittmar magyar zsonglőr világrekord könyve a sikeres tanuláshoz.

3. felvétel:
   - 3 labda kaszkád trükk tanulás tippek,
   - falhoz állás,
   - Piramis módszer.
4. felvétel:
   - 3 labda trükkök (flash, tenisz, félkoszorú, inverz kaszkád, mills mess),
   - siteswap leírás alapján trükkök.
5. felvétel:
   - zsonglőrlabdák fajtái, előnyeik, felhasználási területeik

   – Beanbag ball
   – Stage ball
   – Russian ball.
6. felvétel:
   - újcirkusz fogalma,
   - különböző zsonglőreszközök bemutatása.

A félév végi érdemjegy megszerzéséhez a gyakorlatokon szerzett ismeretek alapján, egy megtanult néhány perces zsonglőr tevékenység, úgynevezett produkció bemutatása is szükséges. A vizsgamunka bemutatására igazi cirkuszi közegben kerül sor, melynek évről-évre az Inspirál Cirkuszközpont ad otthont (8. ábra). [5]



8. Ábra: Vizsga után az Inspirál Cirkuszközpontban

ÖSSZEFOGLALÁS

A Zsonglőrködés a hatékony tanuláshoz című kurzus már tizenegyedik alkalommal került meghirdetésre a Rejtő Sándor Könnyűipari és Környezetmérnöki Kar gondozásában közel 100 fő hallgató közreműködésével. Az angol nyelvű megfelelője, a Juggling for Effective Learning pedig már második alkalommal érhető el a hallgatók számára szabadon választható tantárgyként. Mindegyik kurzus egyedi és sikerrel záruló volt. Azóta, hogy már egyetemi szintű tantárgyként működik, minden szemeszterben a kurzusokra folyamatosan teltházas a jelentkezés a 16-16 fő részére meghirdetett férőhelyekre.

A zsonglőrködés gyakorlása közben modelleket tanulunk meg együttműködésről, elfogadásról, kitartásról, érzelemszabályozásról, tanulásról, sikerről. Jó, ha a diák belátja, hogy sikere a befektetett munka következménye, hogy a tanulási stratégiája működik, és hogy ugyanezzel a stratégiával más helyzetekben is sikeres tud lenni, akkor ez a tudás ki fog hatni az élete más területeire is. A rekreációs cirkuszpedagógiában fontos szerepe van az együttműködésnek a gyakorlatvezető és a foglalkozáson résztvevő diákok között, illetve a diákcsoporton belül, ami jó modellként szolgál az egészséges csapatmunka működéséhez.

A cél nem elsősorban a „helyes" zsonglőrtechnika megtanítása, hanem a közös játék, a feszültségoldás, ezáltal magunk, egymás és a világ felfedezése. Ez a nyitott szemlélet és légkör teremti meg azt a pszichés állapotot a résztvevőkben, amin keresztül a készségek tudatos fejlesztése tud megteremtődni. A tanár egy olyan játszótárs, aki a készségfejlesztési jártassága miatt képes a reszponzív oktatás eszközeivel kísérni a fejlesztő folyamatot. A frontális oktatásban a diákok a tanártól tanulnak, általában nem egyedül, hanem közösen, ám egy cirkuszfoglalkozáson (zsonglőrórán) a diákoknak legalább annyira van lehetőségük az önálló felfedezés, kísérletezés, gyakorlás által egymástól is jó ötleteket átvenni, mint a tanártól és önmagukból meríteni.

Célunk tehát az, hogy ezzel az újhullámos pedagógiai szemlélettel egy olyan gyakorlatot honosítsunk meg, mely elősegíti a felsőoktatásban résztvevők támogatását. A mostani világ komoly adaptivitást kíván meg az embertől szakmai téren, munkától függetlenül. Manapság „mindenki zsonglőrködik az életében" a szakma, a magánélet, a társadalom, a változó digitális eszközök, valamint maga az ezt megélő egyén igényei között. Ezt a szituációt megélhetjük kreatív játszótérként. A kézzelfogható zsonglőr tapasztalat előnyt jelent a kihívások leküzdéséhez szükséges készség kifejlesztésében. Fontosnak látjuk, hogy a kurzussal megvalósuló pozitív példa, a rekreációs cirkuszpedagógia előnyei egyre világosabbak legyenek a pedagógiatudományok művelői számára, mert így egyértelművé válhat, hogy a játékosítás és a fejlesztés kéz a kézben járhatnak a zsonglőrködés jegyében.

HIVATKOZÁSOK

[1] https://www.zsonglor.hu/szocialis-cirkusz
[2] Bolton, Reg: Why Circus works?, Murdoch University, Perth, 2004.
[3] https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0002669
[4] Kutatás a zsonglőrködés a női páciensek szorongásának kezelése témában 2007: https://bpsmedicine.biomedcentral.com/articles/10.1186/1751-0759-1-10

Szerzők:

PROKAI Piroska
Óbudai Egyetem Rejtő Sándor Könnyűipari és Környezetmérnöki Kar
Magyarország, 1036, Budapest, Doberdó út 6
Telefon: +(36) (1) 6665984 E-mail: prokai.piroska@uni-obuda.hu

PÁL László Bendegúz
Magyar Zsonglőr Egyesület
Telefon: +(36) (1) 6665984

MIT TUDUNK AZ ADHD-RÓL?

CSILLAGNÉ KISS Mariann, FARKASNÉ KÓKA Zsuzsanna
Óbudai Egyetem Rejtő Sándor Könnyűipari és Környezetmérnöki Kar
Médiatechnológiai és Könnyűipari Intézet

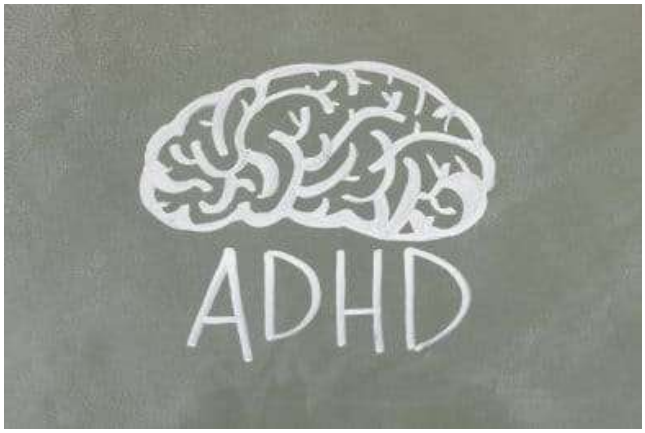
DOI: 10.12700/TMMK.2026.003

Kivonat: *Manapság egyre többet találkozunk a kifejezéssel, de nem tudjuk mi van mögötte. Az ADHD egy mentális állapot, nem betegség. Sajnos egyre több gyerek és felnőtt küzd ezzel az állapottal járó problémákkal. Míg a gyerekek esetében észrevehetők a tünetek, addig felnőttkorban nehezebb ennek a mentális állapotnak a diagnosztizálása. Sajnos ennek köszönhetően sokkal több felnőtt küzd ADHD-val, mint gondolnánk. Azok a felnőttek, akik diagnosztizált ADHD-val küzdenek, nagy valószínűséggel már gyerekkoruk óta ADHD-sok.*

Kulcsszavak: *ADHD, figyelemzavar, hiperaktivitás, impulzivitás, mentális állapotváltozás*

AZ ADHD DEFINICIÓJA

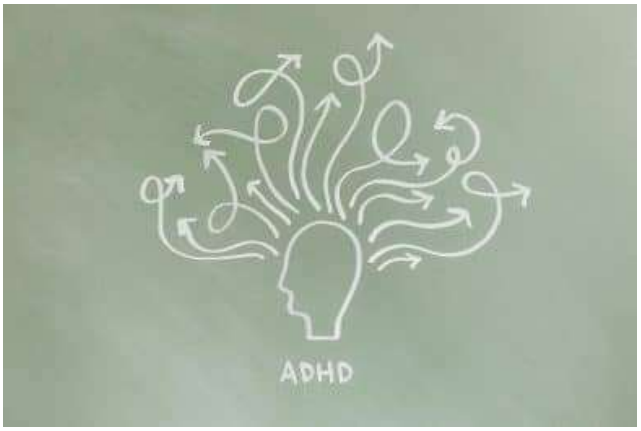
Az ADHD az angol nyelvű Attention Deficit Hyperaktivity Disorder kezdőbetűiből álló mozaikszó, mely figyelemhiányos hiperaktivitás-zavart jelent. Nem tekinthető betegségnek, inkább egy állapotnak nevezhetjük, amely befolyásolja a fejlődést és a mindennapi életvitelt.



1. Ábra: ADHD nélkül élők agyműködése

A magasabb szintű mentális folyamatokért, az úgynevezett végrehajtó funkciókért (tervezés, cselekvésgátlás, végrehajtás, ellenőrzés, és rugalmas alkalmazkodás) felelős agyi területek eltérő működésére visszavezethető, neurológiai jellegű tünetegyüttes összefoglaló neve (1. és 2. ábra). Az ADHD gyermekek és felnőttek körében egyaránt előforduló állapot. Ez az egyik leggyakoribb mentális zavar gyermekkorban, de gyakran felnőttkorban is fennmarad. A kezeletlen gyermekkori figyelemhiányos hiperaktivitás-zavar (ADHD) felnőttkorban is komoly problémákat okozhat, a későbbi karrierre és az érzelmi életre egyaránt kihatással van. Az

ADHD-val érintettek száma már óvodások körében is egyre több, 5-7%, az iskolások tekintetében 10%, amelyből a fiúk nagyobb arányban érintettek. A felnőttkori ADHD a magyar lakosság 2,5 százalékát érinti, egyes becslések azonban Magyarországon az előfordulást 2-4%-ra teszik. A felnőttkori ADHD diagnosztizálása különösen nehéz, mivel a tünetek sokszor hasonlóak más mentális egészségi problémákhoz.



2. Ábra: ADHD-val élők agyműködése

Az ADHD KIALAKULÁSÁNAK OKAI

Az ADHD kialakulásának oka nem teljesen ismert, összetett, és több tényező együttes hatásából eredhet, de a genetika, az agyfejlődési különbségek és a környezeti tényezők kombinációja valószínűsíthető.

- Genetika: a genetikai hajlam jelentős szerepet játszik, a kutatások szerint az ADHD nagymértékben öröklődő, mivel gyakran családon belül is előfordul. Egyes tanulmányok szerint az ADHD esélyének 75% -a a genetikának tulajdonítható.
- Agyfejlődési különbségek: az ADHD-s személyek bizonyos agyi területeinek eltérő működése és a neurotranszmitterek (különösen a végrehajtó funkciókért felelős prefrontális kéreg) és a kémiai hírvivő anyagok (dopamin és noradrenalin) szintje eltérően működik például a dopamin egyensúlyzavara is közrejátszik.
- Környezeti tényezők: növelhetik a kialakulás kockázatát a terhesség alatti anyai dohányzás, alkohol- vagy drogfogyasztás, stressz, koraszülés vagy kora gyermekkori ólomexpozíció.

Az ADHD TÍPUSAI ÉS JELLEMZŐI

Főként figyelmetlen típus (Predominantly Inattentive Presentation): ezt a típust a fókusz fenntartásának nehézsége jellemzi, minimális vagy rejtett hiperaktivitással.

Jellemzőik:

- Nehéz odafigyelnie a részletekre, sok hiba a munkában vagy iskolában.
- Gond a feladatokon való hosszas koncentrációval.
- Úgy tűnik, mintha nem figyelne, amikor közvetlenül hozzá beszélnek.
- Nehézségek az utasítások követésében és a feladatok befejezésében.
- Szervezési problémák (időkezelés, holmik elrendezése).
- Gyakori feledékenység, vagy a napi teendőkhöz szükséges dolgok elvesztése (kulcs, telefon, jegyzetek).

Főként hiperaktív-impulzív típus (Predominantly Hyperactive-Impulsive Presentation): ezt a típust a túlzott aktivitás és az elhamarkodott cselekvés jellemzi.

Jellemzőik (Hiperaktivitás):

- Folytonos mocorgás, babrálás, fészkelődés.
- Nehezen marad ülve, amikor elvárják (pl. iskolában, megbeszélésen).
- Túlzott rohangálás, felmászás (felnőtteknél gyakran extrém belső nyugtalanság érzése).
- Túlzott beszédesség.

Jellemzőik (Impulzivitás):

- Kiszól, bevág mások beszédébe.
- Nehéz kivárni a sorát.
- Gondolkodás nélküli cselekvés, a következmények mérlegelése nélkül.

Kombinált típus (Combined Presentation): ez a leggyakoribb típus, melynél az egyén tünetei a figyelmetlenség és a hiperaktivitás-impulzivitás kategóriájába tartozó jellemzőket azonos mértékben tartalmazzák.

A GYERMEKKORI ADHD JELLEMZŐ TÜNETEI

Figyelemzavar esetén:

- Nehezen koncentrálnak: a gyerekek hajlamosak elkalandozni, és nehezen tudják fenntartani a figyelmüket egy adott feladatra, legyen az iskola, játék vagy más tevékenység.
- Folyamatosan elfelejtenek dolgokat: elfelejtik a házi feladatot, iskolai dolgokat, vagy elveszítik a dolgokat (pl. játékok, iskolai felszerelések).
- Rendszertelenség: képtelenek kialakítani rendszereket, sokszor rendezetlenek, ami iskolai feladatok vagy napi rutin teljesítését is megnehezíti.

Hiperaktivitás esetén:

- Mozgásigény: a gyerekek folyamatosan mozgásban vannak, alig tudnak nyugton maradni. Például az iskolában nem képesek csendben ülni a padban, vagy otthon is hajlamosak pörögni, futkosni.
- Aktivitás: hosszú időn keresztül nem képesek nyugodtan ülni, beszélgetés közben is gyakran babrálnak valamit, vagy nem figyelnek, mert túl aktívan mozognak.

Impulzivitás esetén:

- Rögtön cselekednek: az ADHD-s gyerekek hajlamosak arra, hogy azonnal reagáljanak anélkül, hogy megfontolnák a következményeket. Ez gyakran okozhat problémákat a társas kapcsolatokban vagy iskolai környezetben.
- Szabályszegés: nem képesek mindig kontrolálni impulzusaikat, könnyen megszeghetik a szabályokat, és nem mindig követik a társadalmi normákat.
- Várakozás nehézsége: nehezen várják ki a sorukat, például beszélgetés közben mindig közbe szólnak, vagy nem bírják kivárni, hogy mások befejezzék, amit mondanak.

Egyéb jellemzők:

- Alacsony önkontroll: az ADHD-s gyerekek gyakran gyors döntéseket hoznak, anélkül, hogy figyelembe vennék a következményeket, ami impulzív viselkedést eredményez.
- Hangulatingadozás: hajlamosak gyorsan váltani a hangulataikban, ami a viselkedésükben is megnyilvánulhat.

SEGÍTSÉG NYÚJTÁSA ADHD-S GYEREKEK SZÁMÁRA

A gyógyszeres kezelésen kívül segítséget jelenthet a gyerekeknek a szülők, pedagógusok és terapeuták közös munkája. Ez magában foglalhatja:

- Strukturált napirend: a kiszámítható napi rutinok segíthetnek a gyerekeknek a koncentrációban és a figyelem fenntartásában.
- Türelmes és világos irányítás: az ADHD-s gyerekek számára segíthet, ha a felnőttek türelmesek, és világosan kommunikálják elvárásaikat.
- Kognitív viselkedésterápia: segíthet a gyerekeknek abban, hogy jobban megértsék és kontrollálják a viselkedésüket.

Ezek a jellemzők nem minden gyereknél jelentkeznek ugyanúgy, és fontos, hogy az ADHD diagnózisát szakember állítsa fel, aki figyelembe veszi a gyerek egyéni helyzetét és szükségleteit. Az ADHD diagnosztikájában és kezelésében több szakember - gyermekneurológusok, gyermekpszichiáterek, pszichológusok, gyógypedagógusok, illetve

egyéb segítő foglalkozású szakemberek – együttes részvétele szükséges. Az ADHD diagnózis felállítása során először gyermekneurológus és gyermekpszichiáter szakorvosoknak komplex vizsgálatsorozattal ki kell zárniuk azokat a betegségeket, állapotokat, sérüléseket, amelyeknek a hiperaktivitáshoz hasonló tünetei (figyelemzavar, motoros nyugtalanság, tanulási zavar) lehetnek. Ilyen megnyilvánulásokat, viselkedési zavarokat okozhat:

- értelmi akadályozottság,
- iskolaéretlenség,
- diszlexia vagy más speciális tanulási zavar,
- pszichés kiegyensúlyozatlanság,
- depresszió,
- fel nem ismert érzékszervi károsodás: nagyothallás vagy szemészeti probléma,
- környezeti hatások: nevelési problémák, jelentős iskolai leterheltség vagy a gyermek életében bekövetkező negatív életesemény.

Az ADHD-s gyerekek kezelésének legfontosabb eleme a személyre szabott, egyedi kognitív viselkedésterápia: a gyermeket korának megfelelően segíteni kell abban, hogy az állapotával való lehető legjobb együttélésre megtanítsák. Az egyéni gyakorlatokon keresztül ki kell alakítani a jellemző megnyilvánulások, viselkedési problémák minél hatékonyabb uralását. A helyes viselkedési formák kialakítása érdekében a kezelésbe a szülőket és a családtagokat is be kell vonni.

FELNŐTTEK ADHD JELLEMZŐ TÜNETEI

Felnőttek esetén más típusú tünetek jelzik a problémát, mint a gyerekeknél. Gyakran az érintett felnőtt nem is tud róla, hogy ADHD-val él. Ez azért van, mert a rendellenességnek számos lehetséges tünete van, és könnyen összetéveszthetők más állapotokkal, például depresszióval vagy szorongással. Az ADHD több tényező együttes fennállásának következtében alakulhat ki: a biológiai háttér, a szociális környezet hatása, a magas stresszhatás. Az ADHD-ra figyelmeztető jelek felnőttek esetén hasonlóak a gyerekkori tünetekhez, csak megnyilvánulási területei a felnőttkori élet helyszínein jelentkezik.

- Szervezési nehézségek: azoknak, akik ADHD-val élnek együtt, feledékenyek, komoly nehézségeik lehetnek a szervezéssel. Ez felnőttkorban - a "felnőttséggel" együtt járó feladatok, (például elfelejti a számlák befizetését, telefonhívásokat, orvosi találkozókon való megjelenést, szemüveget, pénztárcát, telefont és egyéb tárgyakat keres), a munkahely és a magánélet összehangolása, a gyereknevelés stb. miatt - sokkal nyilvánvalóbb és problémásabb lehet, mint gyerekkorban.
- Koncentráció elvesztése: az ADHD egyik jellemzője a figyelem fenntartásának problémája, a koncentráció elvesztése, különösen akkor, ha hosszú ideig összpontosít, vagy figyel a részletekre. Az ADHD-val élő időnként elveszíti a fókuszt, amikor az emberek beszélnek, különösen, ha van egy figyelemelterelés, (például egy TV a közelben, vagy valami más, ami megragadja a figyelmüket).

A depresszió, a szorongás és a függőségi rendellenességek is megterhelhetik a fókuszt.

- Időbeosztás: az idő és az ütemterv kezelése folyamatos kihívást jelent az ADHD-val élő felnőtt számára. Nagy erőfeszítést kell tennie, hogy a határidőket tartsa, a találkozókra időben odaérjen. A gyakori késésnek számos oka lehet, az ADHD-s felnőttek figyelmét gyakran elvonja valami útközben (például eszükbe jut, hogy le kell mosni az autót, vagy észreveszik, hogy kevés a benzin, vagy menetközben meglátnak valamit, amit azonnal megvásárolnak), és mire észbe kapnak, már egy órát késtek. Emellett az érintettek hajlamosak alábecsülni azt is, hogy mennyi időbe telik egy adott feladat elvégzése, ami szintén késéssel járhat.
- Gyerekkor hatása: ha gyermekként diagnosztizálták a rendellenességet, akkor az még felnőtt korban is jelentkezhet. A tünetek változnak, ahogy az ember öregszik, de a legtöbb ember nem nő ki belőle. Az emberek mintegy 60% -ának gyermekként voltak tünetei, amelyek felnőttkorban is megmaradtak. Az ADHD-val élő 4 felnőttből 3 nem tudta, hogy gyerekként is volt már ADHD-ja. Ez azt jelenti, hogy nem szabad feltételezni, hogy felnőttként nincs ADHD-ja, csak azért, mert gyermekkorában nem volt tudatában.
- Autóvezetési problémák: az ADHD-val élőknek nehéz összpontosítaniuk a figyelmüket egyetlen dologra, ezért problémát jelenthet számukra a nagy figyelmet igénylő autóvezetés. Sokan hajlamosak lehetnek a gyorshajtásra, és nagyobb a rizikója, hogy balesetet szenvednek vagy elvesztik a jogosítványukat.
- Gondok a munkahelyen: az, hogy az érintettek figyelme könnyen elterelődik, munkahelyi problémákat is előidézhet. Szakemberek szerint különösen a zajos vagy zsúfolt irodákban dolgozó ADHD-sokra jellemző, hogy magukhoz képest jelentősen alulteljesítenek és ezt a karrierjük is megsínyli. Már az is kizökkentheti őket, ha megcsörren a telefonjuk vagy kapnak egy e-mailt. Nehezen tudják megszervezni a munkahelyen a munkájukat, nem tudják eldönteni mi a fontosabb feladat, melyiket kell elvégezni határidőre.
- Párkapcsolati problémák: az ADHD esetén az érintettek nem feltétlenül tudnak úgy figyelni a partnerükre, ahogy azt az illető igényelné, illetve az ígéretek betartásával és a kötelezettségvállalással is akadhatnak gondjaik. Mindez komoly feszültségeket generálhat a párkapcsolatban. Jellemző lehet, hogy ADHD-sként valaki nem érti, miért zaklatott a párja, és úgy érezheti, hogy nyaggatják vagy hibáztatják valamiért, ami nem az ő hibája.
- Nyugtalanság: míg sok ADHD-s gyerek hiperaktív, ez a tünet a felnőtteknél gyakran másképp jelentkezik. A felnőttek inkább nyugtalanok, vagy úgy érzik, képtelenek ellazulni. A külső szemlélő is könnyen észreveheti, hogy sokszor feszültek, idegesek.
- Halogatás, priorizálási nehézségek: az ADHD-s felnőttek húzódozhatnak a nagy figyelmet igénylő feladatok elkezdésétől. A halogatás súlyosbíthatja a már meglévő problémákat, beleértve a párkapcsolati, családi vagy munkahelyi gondokat. Gyakran előfordul, hogy felnőttként az érintettek rosszul rangsorolnak: a fontos feladatokat nem teljesítik, halogatják, ellenben túl sokat

foglalkoznak olyan jelentéktelen dolgokkal, amelyekkel bőven ráérnének később is törődni.

- Dühkitörések: az ADHD-val élőknek nehézséget okozhat az érzelmeik kontrollálása. Lehet, hogy szeszélyes, ingerlékeny, frusztrált, motiválatlannak érzi magát, vagy hajlamos a dühös kitörésekre. Egészen kis problémák miatt is nagyon dühössé tudnak válni, amely azonban gyorsan elillan. Az ADHD megnehezítheti az olyan érzelmek kezelését, amelyekben nem érzik jól magukat.

SEGÍTSÉG NYÚJTÁSA AZ ADHD-S FELNŐTTEK SZÁMÁRA

Az ADHD-s felnőtteknek nyújtott segítség magában foglalja a gyógyszeres kezelést, a pszichoterápiát és a viselkedésszervezési stratégiákat. Az ADHD-s felnőttek diagnózisa és kezelése szakember (pl. pszichiáter, neurológus) segítségével történik, aki a megfelelő terápiás tervet dolgozza ki. Az irányelvek szerint a leghatékonyabb gyógymód az egyénre szabott multimodális kezelés, azaz a gyógyszeres kezelés kiegészítése a nem gyógyszeres kezeléssel, terápiákkal.

Gyógyszeres kezelés

- Stimulánsok: növelik az agy neurotranszmittereinek szintjét, javítva a figyelmet és csökkentve az impulzivitást.
- Nem stimulánsok: lassabban hatnak, de hasznosak lehetnek azok számára, akik nem tolerálják a stimulánsokat, vagy mellékhatásaik vannak.

Az ADHD gyógyszeres kezelése szabályozza a központi idegrendszert, de nem tanít képességeket.

Pszichoterápia és viselkedésszervezés

- Terápiák: különféle terápiás módszerek segíthetnek a figyelem, az impulzivitás és az időmenedzsment javításában.
- Viselkedésszervezési stratégiák: a mindennapi életben alkalmazható gyakorlati módszerek, mint például a napirend kialakítása, a feladatok kisebb lépésekre bontása, és a hatékony időgazdálkodási technikák elsajátítása.

A leggyakoribb terápiák:

- Kognitív viselkedésterápia (CBT): a végrehajtó működés nehézségeinek kezelésére összpontosít, mint például az időgazdálkodás, a szervezési készségek, az impulzuskontroll és az érzelmi önszabályozás.
- Dialektikus viselkedésterápia (DBT): az érzelmek egységként való kezelését segíti, az érzelemszabályozás javítását célozza.
- Pszichoedukáció, életvezetési tanácsadás.

Az ADHD-s felnőttek számára az életmódbeli változtatások is jelentős hatással lehetnek tüneteik kezelésére. A megfelelő alvás, rendszeres testmozgás, egészséges táplálkozás és bizonyos kiegészítők szedése (például vas, cink, magnézium) javíthatják a tüneteket.

- Alvás: megfelelő pihenés (7–9 óra alvás minden éjszaka) pozitív hatással van az ADHD-s agy működésére.
- Testmozgás: a testmozgás is pozitív hatással van, továbbá a mindfulness (tudatos jelenlét) és a meditációs tevékenységek segíthetnek a tünetek szabályozásában.
- Diéta: mindenki számára előnyös az egészséges táplálkozás, és ez vonatkozik az ADHD-s felnőttekre is, akik jobban kezelik a tüneteket, ha kiegyensúlyozott étrendet tartanak fenn (3. ábra).



3. Ábra: Kiegyensúlyozott étrend fenntartása nagyban segít a tünetek enyhítésében

- Kiegészítők: a vas, a cink és a magnézium gyakran alacsony az ADHD-s embereknél, ezek pótlása javíthatják állapotukat.

Az ADHD-ra számos természetes gyógymód is létezik, amelyek segíthetnek a tünetek enyhítésében, de nem helyettesítik a multimodális kezelést [1].

ÖSSZEFOGLALÁS

Az ADHD figyelemhiányos hiperaktivitás-zavar nem betegség, a fejlődést és a mindennapi életvitelt befolyásoló állapot, amely már kisgyermekkorban jelentkezhet, de rejtve is maradhat és csak felnőttkorban derül fény meglétére. Az ADHD kialakulásának okát genetikai, agyfejlődési különbségek és környezeti tényezők egyaránt befolyásolják. A diagnosztizálás mind gyermek, mind felnőttkorban megfelelő szakemberek – neurológus, pszichiáter – összehangolt munkájának feladata. Megjelenési formái figyelemzavarban, hiperaktivitásban-impulzivitásban és ezek kombinációjaként jelentkeznek. Sajnos sok felnőtt küzd ezzel az állapottal anélkül, hogy tudná, ADHD-val küzd. Nagy valószínűséggel az állapota nem újkeletű, hiszen nagyon valószínű, hogy már gyerekkorában is ezzel küzdött, csak nem diagnosztizálták. Továbbra is fontos, hogy megfelelő időben diagnosztizálják ezt az állapotot. Gyerekkorban könnyebben kezelhető, de nagyon fontos a megfelelő szakember, illetve a család

bevonása a kezelés folyamatába. Mindezek ismeretében fontos szem előtt tartani, hogy lehetőségünkhöz mérten igyekezzünk segíteni őket.

HIVATKOZÁSOK

[1] ADHD jelentése, tünetei és kezelése. ÁB Medical honlap, 2024. 11. 30. https://www.abmedical.hu/adhd/ [Utolsó letöltés: 2025. 11. 04]

Szerzők:

CSILLAGNÉ KISS Mariann
Óbudai Egyetem, Rejtő Sándor Könnyűipari és Környezetmérnöki Kar,
Médiatechnológiai és Könnyűipari Intézet
Telefon: +(36) (1) 6665964 E-mail: kiss.mariann@uni-obuda.hu

FARKASNÉ KÓKA Zsuzsanna
Óbudai Egyetem, Rejtő Sándor Könnyűipari és Környezetmérnöki Kar,
Médiatechnológiai és Könnyűipari Intézet
Telefon: +(36) (1) 6665964 E-mail: koka.zsuzsanna@uni-obuda.hu

RÉGI SZENZORBÓL HATÉKONY MÉRŐRENDSZER KIALAKÍTÁSA LÁNCFESZÜLTSÉG MÉRÉSE, A HATÉKONY, MINŐSÉGI SZÖVETGYÁRTÁS ELŐFELTÉTELE

Dr. SZABÓ Lóránt ÓE-RKK-KMI, BORKA Zsolt ÓE-RKK-TTI

DOI: 10.12700/TMMK.2026.004

Kivonat: *A hatékony gyártáshoz elengedhetetlen a folyamatok fizikai paramétereinek ismerete. A cél eléréséhez az adott kor műszaki színvonal lehetőségeinek megfelelően mérőberendezéseket készítettek. Rejtő Sándor tevékenykedése mérföldkőnek számít a hazai textilipar kialakulásában. Munkásságát igazolja az általa tervezett textiltermékek vizsgálatára alkalmas szövetszakító berendezés.*

A hajlékony szálas szerkezetű lineáris termékek gyártása során a húzószilárdság, azaz a feldolgozás közbeni feszültség ismerete a fontos paraméter. Mivel a lineáris termékek (szálak, fonalak) keresztmetszete a legtöbb esetben egyértelműen nem, vagy nehezebben határozható meg, és az anyagok sűrűsége is eltérő. Emiatt a mechanikai értékeket specifikus szilárdági jellemzőkkel az anyagok súlyára (km, cN/tex, cN/dtex, „gpd" stb.), néhány esetben a tömegre (m^2/s^2) vonatkoztatott mértékegységekben fejezik ki.

A múlt században a fémes gépszerkezeti anyagok domináltak, a fémes és „nemfémes" anyagok használata, a használatos mechanikai mértékrendszerek alkalmazása is elkülönült, a nemfémes anyagok háttérbe szorultak. A gépészek számára a textil területen használatos mechanikai paraméterek - a sok eltérő mértékrendszer miatt is - nehezen értelmezhető, kezelhető.

Sok '70-es '80-as években tervezett műszerrel találkozhatunk, de néha egy-egy 10 éves műszer sem felel meg napjaink elvárásoknak. A műszerek, mérőrendszerek többsége már működésképtelenné vált, főleg elavultak, nem illeszthetők mai, korszerű PC-khez, vagy kijelzőik, illesztő egységeik elöregedtek, használhatatlanná téve az egységet. Ezek szenzor elemei viszont még többségében felélesztheőek. Ilyen esetben a megoldás a szenzor mérési elvének kiismerése, megfelelő áramköri illesztés megvalósítása után a keletkező analóg feszültségi jelek digitalizálása. PC oldali kiértékeléssel pedig kialakítható egyfajta célfeladatot ellátó mérési adatgyűjtő rendszer.

Kulcsszavak: *láncfeszültség, érzékelők, digitalizáció, adtok tárolása, nyomtatása*

BEVEZETÉS

A szálas termékek, különösen a ruházati termékek tulajdonságai lényegesen eltérnek a gépgyártásban használatos szerkezeti anyagokétól. A gépszerkezeti anyagok többsége nagy merevségű, azonos, nagy sűrűségű (ρ = 8, 75 g/cm³) acél ötvözet. A könnyű (ρ = 0,9 – 2,5 g/cm³) szálas szerkezetek esetén legtöbbször a kis merevség, a hajlékonyság, alakíthatóság az elvárás, amit a szálak vékonyításával, a kelmestruktúra kialakítással is elősegítik.

A mechanikai paraméterek számszerűsítésére is különböző mechanikai leírási módszer alakult ki.

A fémes szerkezetek szilárdsági, merevségi értékekeit a keresztmetszetre vonatkoztatva (Pa) adják meg.

A hajlékony szálas szerkezetű lineáris termékek gyártása során a húzószilárdsági, a feldolgozás közbeni feszültség ismerete a fontos paraméter. Mivel a lineáris termékek (szálak, fonalak) keresztmetszete a legtöbb esetben egyértelműen nem, vagy nehezebben határozható meg, és az anyagok sűrűsége is eltérő lehet. Emiatt a szilárdsági adatokat más módon kell megadni. A legelterjedtebb, az SI mértékrendszerrel harmonizált szakító szilárdsági mértékegység a N/tex, ill. ennek prefixumokkal ellátott változatai (pl. cN/dtex), egyes esetekben pedig SI-től eltérő, régies mértékegységek is a mai napig használatban vannak. Ezek a mértékrendszerek a gépészeti felfogás szerint nehezen értelmezhetőek.

A múlt században a fémes gépszerkezeti anyagok domináltak, a fémes és „nemfémes” anyagok használata, a használatos mechanikai mértékrendszerek alkalmazása is elkülönült, a nemfémes anyagok háttérbe szorultak. A gépészek számára a textil területen használatos mechanikai paraméterek – a sok eltérő mértékrendszer miatt is – nehezen értelmezhető, kezelhető.

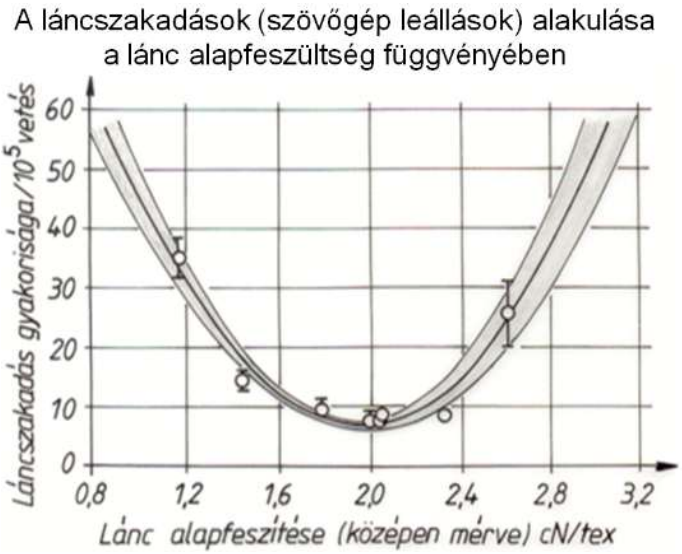
Az utóbbi évtizedekben a kompozitok megjelenésével a kurrens nagy mechanikai követelményeket a fémes szerkezetek tulajdonságai már nem elégítik ki. A kompozitok, különösen a szénszál erősítésűek tulajdonságai, specifikus mechanikai jellemzői lényegesen felülmúlják a fémeket, a kompozitok kulcsfontosságúvá váltak. Így az alapvetően eltérő tulajdonságú szerkezeti anyagok alkalmazási területe ma újból átfedésbe került, a kompozitok a csúcstechnológiát jelentik. A száltechnológia területén használatos mechanikai értelmezés, a súlyra vonatkoztatott speciális szilárdsági paraméterek használata a gépészet területén is szükségessé vált.

Sok ’70-es ’80-as években tervezett műszerrel találkozhatunk, de néha egy-egy 10 éves műszer sem felel meg napjaink elvárásoknak. A műszerek, mérőrendszerek többsége már működésképtelenné vált, főleg elavultak, nem illeszthetők mai, korszerű PC-khez, vagy kijelzőik, illesztő egységeik elöregedtek, használhatatlanná téve az egységet. Ezek szenzor elemei viszont még többségében felélesztheteőek. Ilyen esetben a megoldás a szenzor mérési elvének kiismerése, megfelelő áram-köri illesztés megvalósítása után a keletkező analóg feszültségi jelek digitalizálása. PC oldali kiértékeléssel pedig kialakítható egyfajta célfeladatot ellátó mérési adatgyűjtő rendszer.

A MÉRÉSTECHNIKA FEJLŐDÉSE

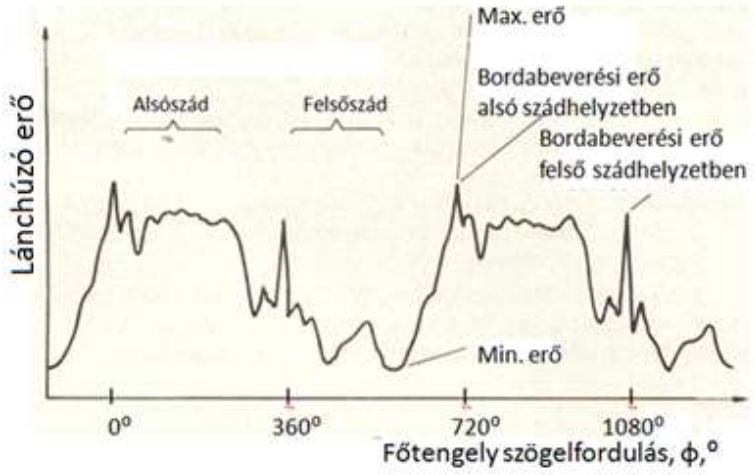
Kezdetben a száltechnológia területén a vizsgálatok a termékek (szál, fonal, kelme) mérésével kezdődtek, amit az üzemi laborban sajátos műszerekkel végeztek. Feldolgozás során a lineáris, hajlékony szálakban, fonalakban, cérnákban és kelmékben fellépő erő, feszültség döntő fontosságú a feldolgozás hatékonyságára, a termék minőségére, használatára. Szövőgépen az optimális láncfeszültség fontos paraméter a nagy számú fonal (N = 5 000 - 30 000 lánc)

zavartalan feldolgozás során. Az alacsony láncfeszültség – különösen font fonalak esetén – a láncok összeakadása a feldolgozási zavarok forrása, míg nagy feszültség esetén a koptató, ismételt igénybevételi hatások láncfonal szakadást okoznak (1. ábra).



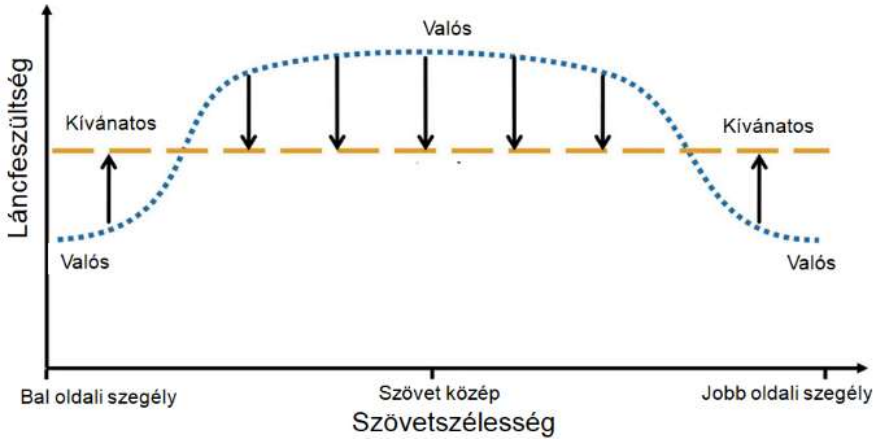
1. Ábra: Az ideális elvárás; a láncok állandó átlagos feszessége és minden fonal feszültsége azonos legyen

A szövési cikluson belül a láncok feszültsége a szádképzés, a bordabeverés, a kötésmintától és a láncok anyagától függően változik (2. ábra).



2. Ábra: Láncfeszültség alakulása a főtengely elfordulásának függvényében

A láncok eltérő feszültsége egyrészt a felvetés, lefejtési hibákból ered, másrészt a szövőgép szélessége mentén a szövetképzés miatt is változik, középtájon nagyobb (3. ábra).



3. Ábra: Láncfeszültség változása a szövetszélesség mentén

A lánc húzóerő a hajlékony fonalak 3 pontos érzékelővel (érzékelő csap kitérítés mértéke a fonalfeszültséggel arányos) a viszonylag lassú (statikus lefolyású) fonalerő mérésére a Rüti AG az 1970-es években egy elektronikus, a szövőgépen gyakorlatban jól használható készüléket fejlesztett a láncfeszültség-csúcs és a vetésperióduson belüli átlagos láncfeszültség mérésére. 50 évvel korábban a mérőberendezés nagy segítség volt az adott cikk szöveséhez az optimális láncfeszültségi viszonyok meghatározásához, és szövőgépen a láncfeszültség beállításához.

A korábbi mérőkészülékek a fonalerőt analóg módon érzékelték, a feszültséggel arányos jelet egyidejűleg diagramon rögzítették, elemezték. Vetülékbevetés során dinamikus erőcsúcsok alakulnak ki (t ~ 1-2 ms), emiatt az olyan analóg mérőberendezések, amelyeknek nagy a tehetetlenségük, nem alkalmasak a mérésre. A gyorsan változó folyamatok megbízható, pontos vizsgálata kis időközönként a jel felvételével és elektronikus tárolásával lehetséges. A szövödei fonalfeszültség méréseket a folyamat megismerése, javítása motiválta.

Az elektronika fejlődése a méréstechnikában is gyökeres változást eredményezett. Ma a szövőgépen az összlánc, vagy nagyobb lánccsoport feszültségét elektronikusan mérik, a mechanikusan beállított értékkel összevetve a lánc adagolási sebességét elektronikusan szabályozott motorral értelemszerűen változtatják. Az átlagos láncfeszültség a szövőgép dialog panelján megadható, a maximális érték is leolvasható.

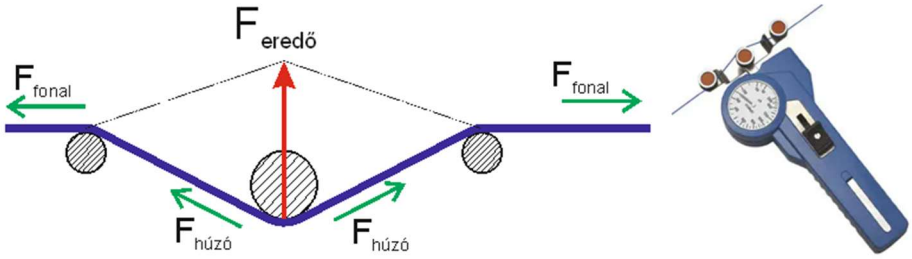
A vetülékvivős gépeken ma már a vetülék-bevetési húzóerőt a szövőgép működése során mérik. Az elektronikus szabályozású vetülékfék fékerejét a vetülékbevetési cikluson belül úgy szabályozzák, hogy a vetülék mindig feszes legyen, míg a maximális erőcsúcs csökkentésére törekednek.

Légsugaras szövőgépet üzemelés közbeni vetülék-húzóerő mérővel nem szerelik fel, mivel a főfúvókába a vetüléknek lehetőség miatt minimális feszültséggel kell belépni. A három pontos feszültség érzékelés miatt a kötélsúrlódás a fonalerő növekedés a vetülék bevetési sebességet csökkentené, ami csak megnövelt levegő- és energiafogyasztással lenne kompenzálható.

A FONALBAN ÉBREDŐ ERŐ-FESZÜLTSÉG MÉRÉSÉNEK ELVE

A feldolgozás során a fonalban ébredő feszültség közvetlenül nem mérhető. A megnevezés is megtévesztő lehet, mivel a fonal tengelyirányában ébredő feszítő (húzó) erőt mérjük, amit a fonalfinomságra (tex, den, dtex) vonatkoztatva definiálható a specifikus feszültség (4. ábra).

A fonal szakítóereje, ill. finomságra vonatkoztatott specifikus szilárdsága csak roncsolásos vizsgálattal határozható meg. A fonalhúzóerő mérésére a legelterjedtebb módszer a három pontos elrendezésű feszültségmérő.



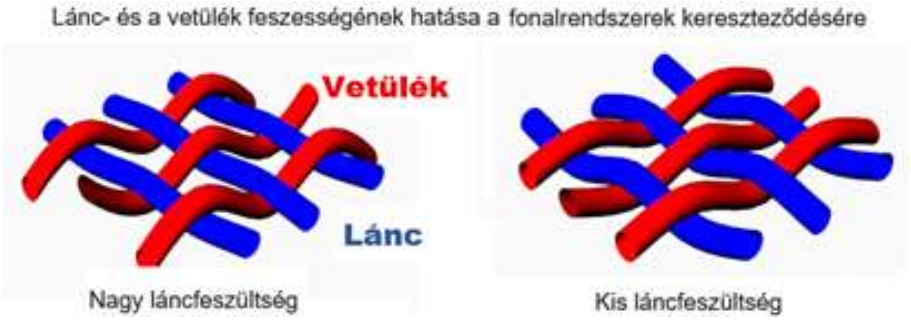
4. Ábra: A három pontos görgős-csapos fonalmérő mérés elve

A feszes fonalat a csapokon (vagy csapágyazott görgőkön) irányváltoztatással vezetik. A középső csapra a fonalvezetés irányára merőleges kitérítő erő hat. A középső csapra ható hajlító-nyomaték nyúlásmérő bélyeggel a feszültséggel arányos elektronikus jellé alakítható. A közel nulla gördülési ellenállású csapágyazás esetén lassú sebességváltozás során az érzékelőbe belépő és kilépő fonalerő eltérés nem számottevő. A fix csapos kialakítású mérőszerkezeteken a mérőpontokon áthúzott fonal az Euler kötélsúrlódás miatt növekszik, (Ffonal ≅ Fhúzó és Ffonal ≥ Fhúzó), ami akár 40%-ot is elérhet. A csapokon a súrlódás húzóerők vektori összege (Feredő) fogja a középső mérőelemet eltéríteni.

A kalibrációs folyamat során a fonal várható haladási irányával megegyező irányban kell létrehozni ismert nagyságú referencia erőhatást. A fonalat célszerű a feldolgozási sebességével, a megfelelő irányban, egyenletesen mozgatni. A mérőrendszer erősítési tényezőjét úgy kell beállítani, hogy a kijelzőn a referencia erőhatással megegyező értéket lássunk. A három pontos feszültségmérőt tehát nem az oldalirányú erőhatásra, hanem mindig a fonal tengelyirányában ébredő erőkre kalibráljuk.

A LÁNCFESZÜLTSÉG HATÁSA A SZÖVET SZERKEZETÉRE ÉS TULAJDONSÁGAIRA

A láncfeszültség a szövet szerkezeti és mechanikai jellemzőit jelentősen befolyásolja. A láncfeszültség változása befolyásolja a fonalrendszerek kereszteződési viszonyait, a szövet sűrűségét, mechanikai stabilitását és a szövet megjelenési képét (5. ábra).



5. Ábra: A lánc- és vetülékfeszesség hatása a szövetszerkezetre

- Nagy láncfeszültség esetén a láncok megnyúlnak, csökken a lánc kereszteződési deformációja, csökkenti a lánc és növeli vetülék hosszát, csökkenti a vetüléksűrűséget.
- A túlzott láncfeszítés a láncok kifáradásához, szakadásához, megnyúlásához vagy az szövetszél hullámosodásához vezet.
- A nagy láncfeszültséggel készült szövetek sűrűbb szerkezetűek, tapintásuk simább és keményebbnek érződnek.
- A nagy láncfeszültség csökkenti a lánc- és növeli a vetülék-kereszteződés íveltségét.
- Az alacsony láncfeszültség nagyobb rugalmasságot biztosít a láncok számára, növeli a láncok íveltségét, bedolgozódását, míg a vetülék íveltsége csökken, a vetülék-sűrűség növekszik, a szövet terjedelmesebb és puhább.
- A túl kicsi láncfeszültség kereszteződési (kötési) hibát okoz, nem megfelelő vetülék-zsugorodást és egyenetlen kötési pontokat okozhat, ami negatívan befolyásolja a szövetminőséget.
- Az alacsonyabb láncfeszültség esetén a szövet puhább, teltebb és lazább megjelenésű.
- Az optimális láncfeszültség méretstabil szöveteket biztosít, kiegyensúlyozott fonaleloszlással és minimális torzulással.
- Az ideális feszültségtől való eltérés zsugorodáshoz, szövetben vetülékferdüléséhez vagy gyűrődéshez vezethet, különösen nedves kikészítés vagy további feldolgozást követően

A szövés során a lánc feszültségének változásával a szövetszélesség változik és a szegélyképzésre is hatással van, a szövetszéleken a szövet hullámosságát okozhatja (6. ábra).

A Rüti AG (Svájc) nagy múltú (1834 – 1982), meghatározó volt a szövőgépgyártás a szövőgép technológiai fejlesztések területén. A sikeres fejlesztésekhez a Magyarországról származó szakemberek, Borbély Mihály (szőhetőségi index), Köninger József (légsugaras szövőgépek beüzemelése) is nagyban hozzájárultak (7. ábra).



6. Ábra: Szövetszél hullámossága az alacsonyabb láncfeszültség miatt

	Láncok font fonalból			
	Légsugaras szövőgép		Vetülékvivős szövőgép	
Cikk- és fonaljellemzők	Fonalankénti középfeszültség cN/tex	Fonalankénti max. feszültségcsúcs cN/tex	Fonalankénti középfeszültség cN/tex	Fonalankénti max. feszültségcsúcs cN/tex
Pamut- és kevertfonal kord, Kordkötés	2,0 - 2,5	3,0 - 3,5	1,5 - 2,0	2,5 - 3,0
Pamut kreton, Kötés: vászon 1/1	1,5 - 2,5	2,5 - 3,5	1,0 - 2,0	2,0 - 3,0
Géz, Kötés: vászon 1/1	1,5 - 2,0	2,5 - 3,0	1,0 - 2,0	2,0 - 2,5
Munkaruha sávoly, gyűrűsf. S 1/3, S 3/1, S 1/2	2,0 - 2,5	3,0 - 4,0	1,5 - 2,0	2, 5 - 3,0
Farmer, Keresztsávoly	1,5 - 2,0	... - 3,0	1,0 - 1,5	... - 2,5
Puplin Kevertfonal, vászon 1/1	2,0 - 3, 0	3,0 - 4,0	1,5 - 2,5	2,5 - 3,0
Pamut inlett Kötés: vászon 1/1, S 2/1	... - 2,5	3,5 -4,5	... - 2,0	3,0 - 4,0
Pamut láncszatén, Atlaszkötés	... - 2,5	4,0 - 4,5	... - 2,0	3,5 - 4,0
Viszkózszövet Kötés: vászon 1/1	2,5 - 3,0	3,5 - 4,0	2,0 - 2,5	3,0 - 3,5
Fésültfonal gyapjú-kevertszövez cérnából	1,5 - 2,0	2,5 - 3,0	1,0 - 1,5	2,0 - 2,5
Gyapjúmuszlin fésült gyapjúfonalból, 1/1	1,0 - 1,5	1,0 - 2,0	0,5 - 1,0	0,5 - 1,5
		Láncok filamentből		* nem túllépni
	Légsugaras szövőgép		Vetülékvivős szövőgép	
Cikk- és fonaljellemzők	Fonalankénti középfeszültség cN/dtex	Fonalankénti max. feszültségcsúcs cN/dtex	Fonalankénti középfeszültség cN/dtex	Fonalankénti max. feszültségcsúcs cN/dtex
Filament, sima	0,1 - 0,15	0,25 - 0,3*	0,1 - 0,15	0,25 - 0,3*
Filament, terjedelmesített	0,1 - 0,15	0,25 - 0,25*	0,1 - 0,15	0,25 - 0,25*

7. Ábra: A Rüti cég ajánlásai a különböző láncok optimális feszültségére

(RÉGI) ANALÓG MŰSZEREK JELFORMÁTUMAI, A SZENZORELEMEK FELHASZNÁLÁSÁNAK LEHETŐSÉGEI

A korabeli műszereknél leginkább feszültség jellegű kimenő jelekkel találkozunk A feszültségi jelet egy jellemző-átalakítási láncolattal állítják elő. Régebben ezek a láncok több átviteli pontot érintettek, mint manapság. Erőmérésre egy tipikus láncolat így néz ki: erő (rugó erő) → elmozdulás → valamilyen elektronikai jellemző (induktivitás vagy kapacitás) → feszültség ingadozás amplitúdója vagy frekvencia/kitöltési tényező.

Leggyakrabban ezen utóbbi jellemzők konvertálhatóak egyszerűbb elektronikai átalakításokkal feszültség jellegű jellemzővé.

Két elterjedt ADC átalakító (a teljesség igénye nélkül)

- SAR (Successive Approximation Register) alapú ADC (analóg-digitális átalakító), a bemeneti jelet hasonlítja össze egy, a referencia feszültég segítségével előállított „hányadossal". A lehetséges feszültségi „jel" intervallumot a megfelelő bitszám alapján felosztja a logikai áramkör (2^n szerinti darabszámú hányadosra). Az intervallum felének megfelelő jellel hasonlítja össze, és ha annál magasabb, akkor „felfelé", ha annál alacsonyabb, akkor „lefelé" folytatja a maradék intervallumok felezését ($2^{(n-1)}$ hatvány szerint). Így közelítve meg a bemeneti jelet.

Ehhez szükség van egy egyszerű digitál-analóg (DAC) kimeneti áramkörre is, leggyakrabban egy egyszerű, az IC felületén kialakított ellenállás hálós DAC-ot alkalmaznak.

Előnyei:

- **Pontosság:** Elégséges pontosságot biztosít, azonban a felbontás határán (utolsó bit) esetében előfordulhat tévedés aszerint, hogy az utolsó előtti lépésben „felfelé" vagy „lefelé" haladt az intervallum felezésben,
  Sebesség: Gyors átalakítási idővel rendelkezik, bár nem olyan gyors, mint egy párhuzamos ADC, viszont, sokkal olcsóbb kivitelezést tesz lehetővé,
  Olcsóság: A párhuzamos ADC-kkel szemben sokkal olcsóbban kivitelezhetők, sokkal kisebb az alkalmazott áramköri elemek száma (pl. az IC felülete csökkenthető).

Hátránya:

- **Relatív alacsony a felbontása:** A Flash átalakítók max. 8 bites felbontásával szemben a 10-13 bites felbontás jóval nagyobb pontosságot tesz lehetővé, és vannak ugyan nagyobb, 14-16 bites változatai, ezek jóval bonyolultabb áramkörök, ennél fogva drágábbak és kevésbé elterjedtek. Nagyobb felbontási igény esetében általában delta-szigma átalakítókat alkalmaznak.

- A delta-szigma (ΣΔ) átalakítók a túlmintavételezésen alapuló, alacsony felbontású (gyakran 1 bites) kvantálási zaj-formálási technikát alkalmazó analóg-digitális átalakítók. Az elnevezés abból ered, hogy az átalakítóban az analóg bemeneti jelből egy különbségi- (delta) és egy summátor (szigma), jelet hoz létre, ezek alapján alakul ki a döntés, hogy mely digitális értéknél érjük el a bemenő jelet. Ezt túlmintavételezéssel végezi az áramkör, hogy a szükséges („hasznos") időintervallumon belül megkaphassuk a digitalizált jelet. Az alkalmazott frekvencia általában kívánt kimeneti frekvencia 2(n+1) szerese, ahol n a felbontás bitszáma.

Előnyei:

- **Pontosság:** Nagy fokú pontosságot tesz lehetővé, gyakran 24-96 bites felbontás is elérhető az alkalmazásukkal, ezek a felbontások kellő dinamikát kölcsönöznek

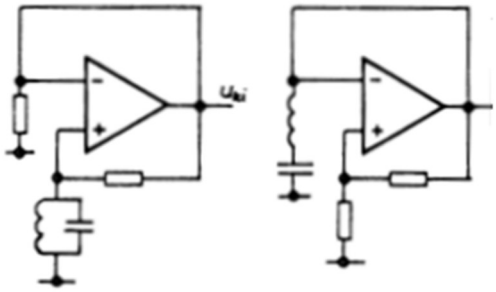
a vele kialakított mérőrendszernek (= széles mérési tartomány mellett nagyfokú felbontás),
Olcsóság: Gyakran a SAR ADC-kkel szemben is sokkal olcsóbb kivitelt tesznek lehetővé.

Hátránya:

- **Sebesség:** A túlmintavételezés időigénye miatt lassú a feldolgozási sebessége. Legtöbbször max. pár száz Hz-es mintavételt tesznek lehetővé.

Nem feszültség jellegű jelek digitalizálása

Vannak olyan jellegű jelátalakítók, melyekben R-L-C áramköri tagok valamelyikének, vagy ezek közül többnek a jellemzője is megváltozik. A szenzort egy oszcillátor szerves részeként kezeli az elsődleges jelformáló, ennek kimenete az alapfrekvenciától eltérő érték, vagy egy stabil frekvencia, de a „kitöltési" tényező változik.



$$f = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C}}$$

8. Ábra: Egy-egy LC oszcillátor használata a szenzorelem (vagy az L vagy a C) megváltozásának mérésére

Egyszerű számláló áramkör segítségével, az időegység alatt beérkezett impulzusok száma (vagy az impulzus hossza) sokkal könnyebben számszerűsíthetők, mint pl. egy ADC áramkör használata.

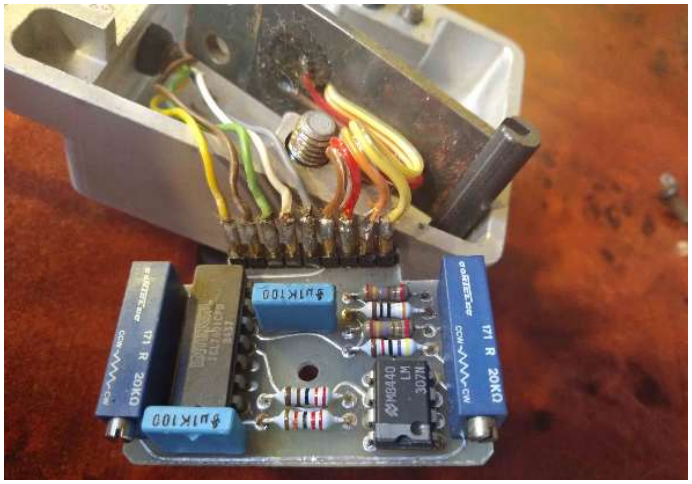
EGY RÉGI RÜTI LÁNCFESZÜLTSÉG MÉRŐ MŰSZER VIZSGÁLATA

Esetünkben egy Rüti fonalerő mérő műszert keltettünk életre. Az eredeti szerkezet kb. 50 éves, a maga korában korszerű, akkoriban, a technológiai folyamat megértését úgy segítette, hogy az értékek számszerűsítésében jelentős előrelépést jelentett.

A hiba okának feltárása

A készülék életjeleket nem mutatott, a műszer dobozának kinyitásakor az alkatrészeken sérülések nyomai nem látszottak. Az elemtok ép, nincs oxidációs nyom, elemek behelyezése után az alap panel megfelelő részein a tápfeszültség megjelenik, tehát kábel-szakadás ez alapján kizárható. A szenzorelem házában található panelen igen régi katalógus számú IC-k találhatók, melyek közül többről hosszas nyomozással sem találni leírást (adatlapot). Funkciójuk csak

sejthető, de pontos katalógus adatok híján a helyettesítésre nem gondoltunk. A műszer fejegysége egy előerősítőt tartalmaz, melyen állítható a nulla pont, valamint az erősítési tényező. Az alkatrészek közül valószínűleg a kondenzátorok elöregedtek, valamint az állítható ellenállások felülete az évtizedes állás során beoxidálódhatott (9. ábra).



9. Ábra: A Rüti fonalerőmérő jeladó fejegysége

A fő műszeregység dobozában a kiértékelő alapegysége egy Intersil gyártmányú digitális voltmérő IC köré épült. Ez az IC néhány kényelmi szolgáltatással rendelkezik, de tulajdonképpen nem több, mint egy egyszerű kommersz multiméter, melyet moduláris kialakításban saját műszeregységekbe lehetett építeni. Fő feladata az analóg feszültségjel digitalizálása és számszerű kijelzése az LCD panelen. Ennek funkcióit már jóval könnyebb kiváltani, noha ennek környezetében is akadt olyan alkatrész, amelyet nehéz azonosítani, leírását sem könnyű fellelni.

A hosszabb nyomozás és eredeti funkciók helyreállítása helyett korszerű alkatrészekkel könnyebbnek tűnik a műszer felélesztése, így ezt a megoldást választottuk.

Az átalakítás tervezete

Az átalakítás a fenti gondolatmenet miatt elkerülhetetlen, amely egy modernizálási folyamatot is magában foglal.

Az eredeti elgondolás szerint a szenzorelemtől jövő előerősített jelet a feldolgozó egység tovább erősíti, majd egy integráló fokozat segítségével „kiátlagolja”, ill. megállapítja a maximális értéket is. Ezeket az adatokat az eredeti műszer egy kisebb méretű LCD kijelzőn jeleníti meg, egyszerre csak egy-egy paramétert, amely gombnyomással kiválasztható.

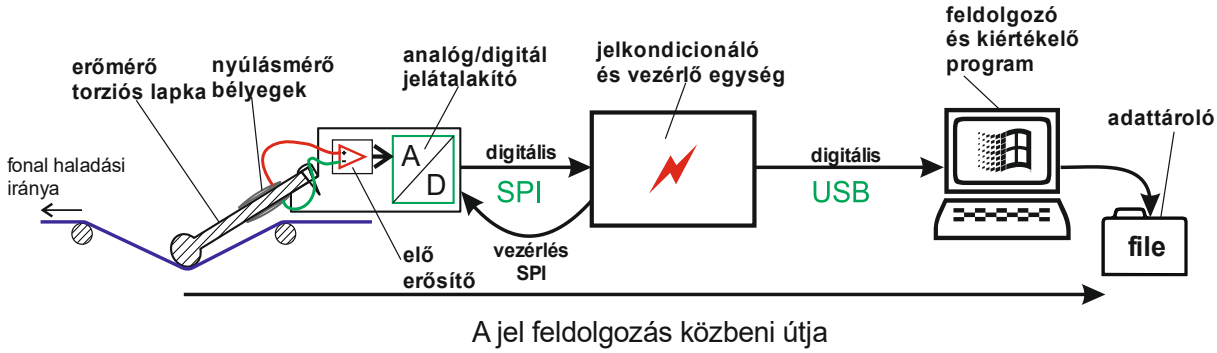
Napjainkban egy korszerű jelfeldolgozó rendszerrel szemben alapkövetelmény a rögzített adatok tárolása, később pedig diagram formában megjelenítése. Régen ezt a feladatot papírszalagos rekorderekkel analóg módon oldották meg.

Napjainkban alapvetőnek számít, hogy egy-egy szenzor köré épített jeladó kimenete lehetőleg digitális legyen. Egyfelől ez már kellő elő-feldolgozást eredményez, de fontosabb, hogy a digitális jelek kevésbé érzékenyek az ipari, zavarjelekkel terhelt környezetben. Egy-egy feszültségi jel, akármennyire is jól árnyékolt a kábelezés, könnyedén összeszedhet „szórt” induktív- vagy kapacitív behatásokat.

A digitalizált jeleket legtöbbször mikrovezérlős rendszerekben tovább kondicionáljuk, kalibrációs tényezőkkel korrigáljuk. Ugyan ez a feldolgozó egység juttatja immár a mért értékeket a PC-hez, ahol egy végső feldolgozást végző szoftver fogadja.

Az előzetes tervek szerint a fejegységbe egy előerősítő fokozatot tartalmazó ADC áramkört kell integrálni, a kábelezést újra kell tervezni, és köztes feldolgozóként egy elterjedt, megbízható mikrovezérlős platformmal kell megoldani.

Összefoglalva az átalakított rendszer tervezett felépítése a 10. ábrán szemléltethető.



10. Ábra: A modernizált fonalerőmérő rendszer vázlata és a jelátviteli útvonalak

A fejegység szenzor elemeinek “felélesztése”

Legelső lépésben az erőmérő szenzort teszteltük. Az ellenállás osztós fokozat sem szakadást, sem rövidzárlatot nem mutatott, szerencsére így felhasználható az eredeti szenzorelem.

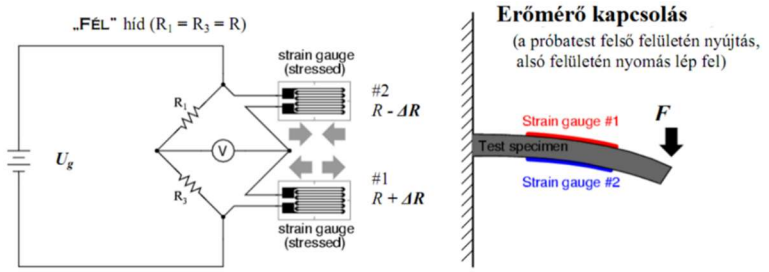
Alap kapcsolásában a szenzor fejegysége egy fél-híd[1] nyúlásmérő bélyeges erőmérőt tartalmaz. Egy acél lapka rögzítéséhez közeli, két átellenes felületén található egy-egy nyúlásmérő bélyeg. Ezen ellenállásokat úgy kapcsolták össze, hogy nyomóerő esetén az egyik ellenállás értéke növekedjen, míg a másik oldali nyúlásmérő ellenállása csökkenjen. Sajnos egy korrekt erőmérő cellához egy-egy ilyen „fél-híd” kapcsolás még kevés.

A Rüti fonalerőmérőben egy egyszerű lapkára integrált fél-híd kapcsolású nyúlásmérő bélyeges ellenállás hálót találunk (11. ábra).

[1] A mérlegcellákban minimálisan egy-egy teljes Wheatstone hidat szokás kialakítani, annak érdekében, hogy a nyúlásmérő bélyegek hő- és zavarérzékenységét kompenzálják.

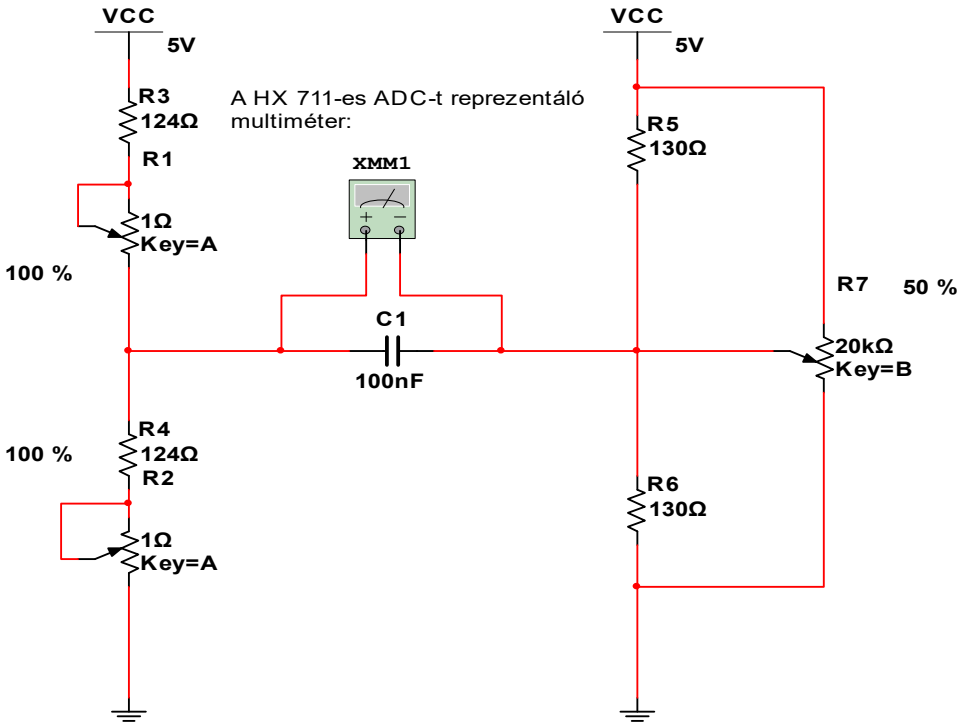
A szenzor elem közvetlen környezetében egy előerősítő és a „híd” másik fele található, innen a jeleket analóg formában (erő arányos feszültségi értékek) továbbítja a fejegység egy árnyékolt kábelen keresztül a fogadó és kiértékelő egység felé. A fejegység tápellátását is ezen a kábelen keresztül oldották meg.

Az eredeti készülékből csak a mérőfej mechanikus részét és az erőmérő bélyegeket (R1 és R2) tartottuk meg, az elavult részeket eltávolítottuk. Az erőmérő fél-hídját egy névleges ellenállásában harmonizáló értékű ellenállás párral kapcsoltuk össze (R5 és R6), így egy kompenzáló ellenállással (R7) szimmetrizálható az esetleges „nullponti” hiba (ld. a 12. és annak megvalósítását a 13. ábrán).

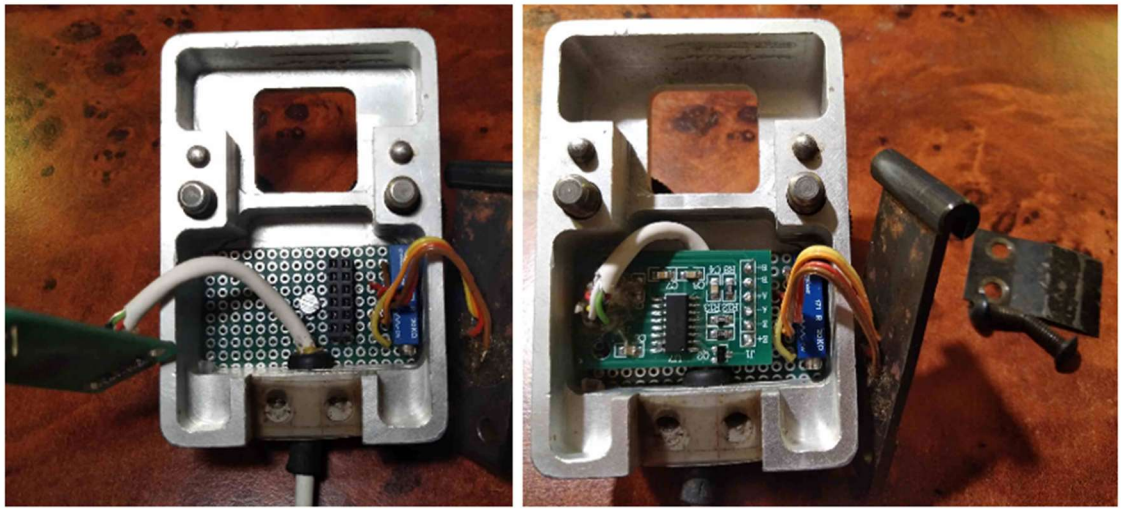


11. Ábra: A Rüti szenzorelemében található elektronika egyszerűsített vázlata

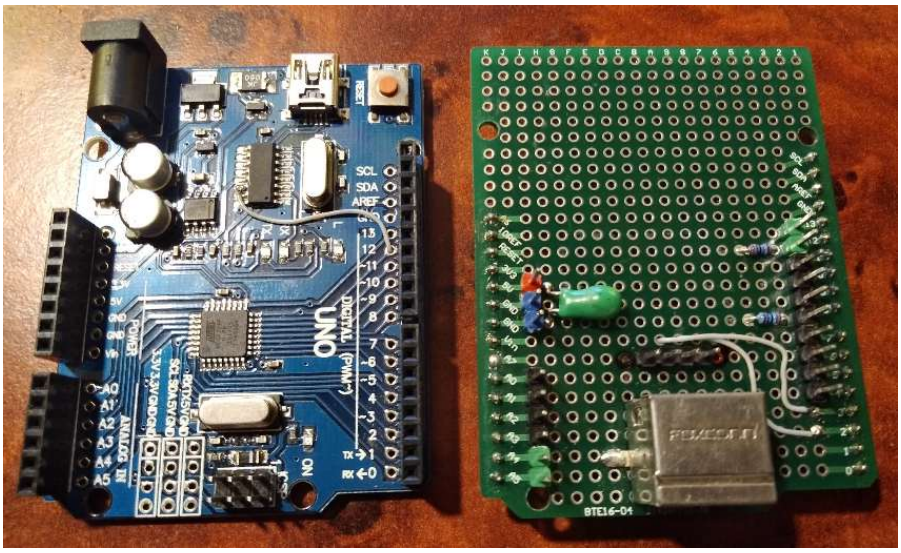
A fejegységben kialakított fészekbe a kiegészítő alkatrészeket és a digitalizáló egységet építettük be. Utóbbi feladatra egy igen elterjedt, viszonylag gyors, 24 bites ADC-t tartalmazó, eredetileg is mérleg cellákhoz fejlesztett áramkör modult (HX711-M) használtunk. A nullponti kompenzálást végző ellenállást az eredeti fizikai helyzetében forrasztottuk be, így a „Zero” feliratú nyíláson keresztül azonos funkcióval használható. Az erősítési tényező változtatását a HX711-es IC belső áramköri elemeivel és utólagos programozásával oldottuk meg. Az erőmérő cella nyúlásmérő bélyegein terhelésmentes állapotban mintegy 125-125 Ω ellenállásokat mértem. A megnyújtás következtében ez az érték pár 10..500 mΩ között változhat. Becslésünk szerint az erőmérő lapja maximális torzulása (+ és – irányú átfogás) esetén a feszültségosztó szintén teljes átfogásban kb. 50-100 mV feszültség-különbségeket szolgáltathat. Az elterjedtebb ADC áramkörök érzékelési tartománya 0..5 V közötti. Így igen nagy erősítést és jelkondicionálást kell alkalmazni. Az eredeti elrendezésben a mért jelek előerősítése is állítható volt, ez a HX711 esetében csupán három tartományban oldható meg (32x, 64x-es és 128x-os erősítés). További jelkondicionálást a kapott 24 bites adatokon matematikai műveletekkel lehet csak elvégezni. Mindemellett a 24-bites felbontás (0 ... 16,7 milliós értéktartomány) egy kevésbé érzékeny erősítés esetén is nagyfokú pontosságot tesz lehetővé. Az ADC áramkör csúcssebessége 80 mintavétel/s, ami lehetővé teszi a „túl-mintavételezést” is és emellett az átlagolást (pl. 5 vagy 10 pontos „csúszó átlagok” rögzítése ciklikus pufferelés segítségével).



12. Ábra: A fejegységben elhelyezett elő kondicionáló és az ADC áramkör sematikus rajza



13. Ábra: A fejegységbe integrált prototípus panelen realizált kapcsolás és a 24 bites ADC panel



14. Ábra: Az Arduino klón és a prototípus panelen kialakított kapcsolás

A jelátalakító és kondicionáló modul összeállítása

A köztes jelfeldolgozást és a PC felé történő továbbítást egy Arduino klónnal oldottuk meg. A szükséges kapcsolás kialakítására egy gyors-fejlesztéseknél használatos prototípus („csupa lyuk panel") kártyát építettünk be (14. ábra).

Az Arduino egy folyamatosan fejlesztett, ingyenes hardver-szoftver platform, melyet amatőr fejlesztők ezrei használják és fejlesztik világ szerte. A modul megtervezéséhez ennek a platformnak egy régebbi, de még mindig igen elterjedt hardver változatát (Arduino Uno klón) és egy korban illeszkedő, de ezen sorozatból a legfrissebb fejlesztői szoftver környezetét (Arduino IDE 1.8.19) használtuk. Bár a szoftveres elemek és a panelek tervei ingyenesen elérhetőek, nyilvánvalóan a hardver összeállítása és a beépített alkatrészek már nem ingyenesek.

A „deszkamodell" szoftverjét durva kalibrációval meg kell feleltetni a valóságos állapotokkal. Ennek kialakításakor a PC oldalon egy egyszerű soros-porti terminálon (az Arduino keretrendszer saját soros monitor programja) figyeltük a nyers ADC értékek alakulását. A fejegységet a mérési folyamat során több, folyamatosan növekvő súllyal terheltük.

Az így meghatározott alapértékekből kalkulálható lett a fejegységre jellemző (oldalirányú erőre igaz) kalibrációs szorzótényező. A későbbi feldolgozó programba integráltunk egy szorzó faktort, amelynek segítségével a fonalban ébredő tengelyirányú erő pontosítható.

A jelkondicionáló programozása

Az alaplap egy „távol keleti" Arduino Uno klón, de hazai beszerzés forrásból származik. Főbb paraméterei megegyeznek az eredeti „Uno" lapokéval, eltekintve az USB illesztőtől, mely egy olcsóbb, távolkeleti CH340g IC-n alapul. A Windows a megfelelő driver telepítése után egy

RS232 szabvány szerinti virtuális soros-portnak látja. Az Arduino programozó keretrendszere (IDE) 100%-ban Arduino UNO-ként azonosítja ezt az alaplapot.

Az elő-feldolgozó program egy durva kalibráció alapján az erőértékeket folyamatosan kiadja a soros-portra. Az Arduino alaplapon a Reset gomb lenyomásával szoftveresen szimuláltja az indítási állapotot. A szoftver begyűjt 100-200 adatpontot, feltételezve, hogy az erőmérő cella üres, nyugalmi értéket szolgáltat. Ez az érték lesz a referencia-nulla a továbbiakban. Egyébiránt a rövid átlagokat folyamatosan kiírja a soros-portra, melyeket továbbiakban a PC oldali szoftver dolgozza fel.

Az Arduino az előátlagolt jelértékeket másodpercenként 10x írja ki a virtuális soros-portra. Ez nem tűnik soknak, de az átlagos jelfeldolgozáshoz elégséges, ha figyelembe vesszük, hogy a valós mintavételi sebesség ennek többszöröse. Az Arduino egy ciklikus pufferben gyűjti az adatokat, melyből a firmware eltávolítja a túlzóan „kilógó" értékeket (nyilvánvaló digitalizálási hibák kiszűrése), majd a megmaradókat átlagolja. Ez egyfajta zavarszűrésként is szolgál. Ciklikus puffer alatt egy olyan tömb értendő, melyben az értékek folyton cserélődnek, a legrégebbiek törlődnek és helyükre új digitalizált adat kerül. A mérőrendszer kimenete nem ez az egyetlen adat, hanem a teljes puffer átlagolt értéke. A végleges változatban ez csupán 3 adatpont.

A program végleges paramétereinek finomítását üzemi körülmények között végezzük el.

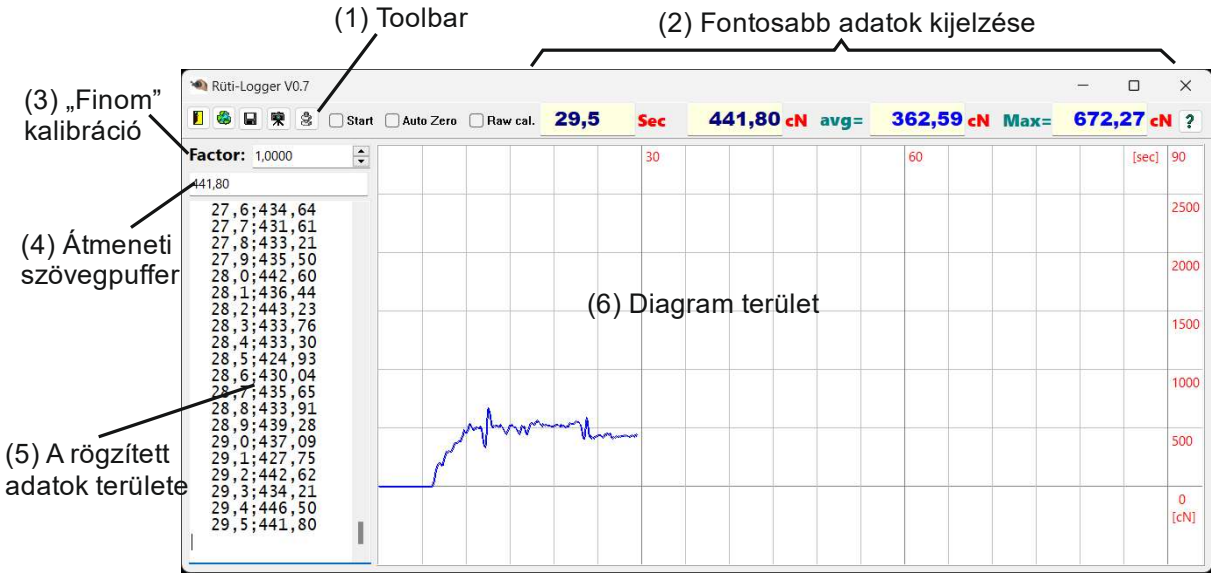
PC oldali fogadó szoftver

A PC oldali programot az ingyenesen elérhető FreePascal/Lazarus fejlesztői környezet aktuális változatával hoztuk létre (Lazarus 3.0 / Free Pascal 3.2.2). Első lépésben a soros-port terminál emulációját teszteltük (értékek beolvasása az Arduino-ról), majd a beolvasott adatértékeket számszerű adatokká konvertáltuk. Legutolsó lépésként pedig a grafikus megjelenítés elemeit integráltuk a szoftverbe. Végső simításként a „kényelmi" funkciókat alakítottuk ki, mint pl. adatmező törlése-, a mérő-jelkondicionáló doboz programból történő újra indításának lehetősége-, és nem utolsó sorban a rögzített adatok elmentésének lehetőségét is megoldottuk.

Az Arduino hardverje a mért értékeket szövegesen értékelhető formában adja ki, amennyiben egy megfelelően beállított soros monitor programot használunk, PC oldali komolyabb szoftver nélkül is értelmezhetőek (ember által is olvashatóak) a kapott értékek.

A PC oldali feldolgozó programot a fenti szempontok szerint fejlesztettük, egy további átmeneti (szöveg-sor) pufferbe gyűjti az adatokat. A beérkezett karakter stringeket a program lebegő pontos számadatokká konvertálja és ez alapján elkezdi megrajzolni a diagramot, valamint átlagolásokat és maximum érték kereséseket hajt végre. Egy-egy képernyőnyi adat beérkezésekor az aktuális átlagérték törlődik ill. a csúcsérték (max.) is alaphelyzetbe áll (ld. a változó a pillanatnyilag beolvasott értéket veszi fel) (15. ábra).

A rögzítés során egy szövegtárolóban folyamatosan raktározódnak a mért értékek (visszaalakítás után), később innen szöveges állományba menthetőek ill. külső feldolgozó programban újra megrajzolhatóak (pl. excel diagram szerkesztőjében).



15. Ábra: A PC oldali feldolgozó program képe

A program kezelése

A program fő egységei:

- A fontosabb értékek (2) kijelzése szintén a program felső részén található elkülönülő sávba kerültek.
- A finomhangolási érték (3), mint egy szorzó tényező szabályozza a beérkező adatokat. A durva kalibráció ennek segítségével felülbírálható.
- Az átmeneti szöveg puffer (4) az adatátvitel figyeléséhez, főleg hibakeresési céllal szükséges, ill. a kalibrációs finomhangolást ezen adat alapján tudjuk elvégezni, normál üzemi állapotban nincs gyakorlati haszna.
- A rögzített állomány területén (5) láthatók a mérés során kapott adatok. Ezekből az utolsó, 90 másodpercnyi adat látható a (6) diagram területen megrajzolva.

A toolbar-on foglalnak helyet a főbb vezérlő ikonok és a „check-bar”-ok:

	Kilépés a programból
	Adatmező és a diagram törlése, maximum keresés és az átlagolás alaphelyzetbe állítása
	Adatmező elmentése fájlba
	A diagram képmezőjének vágólapra másolása (innen pl. Wordbe lehet beilleszteni a képet)
	A soros port beállításai (dialógus ablakot indít)
☐ Start	A mérések megkezdése (a szöveg ekkor Pause-ra vált ilyenkor lenyomva a jelölőt, a program átmenetileg leáll) A kontroll LED másodpercenként kb. 2x villan.
☐ Auto Zero	Hibás alapértékek észlelésekor a terheletlen mérőfejre egy gyors kalibrációt végez (kb. 100 adat átlagolásával) A kontroll LED 3x gyorsan felvillan, majd fél-egy másodpercig szünetel a villogás is és az adatátvitel is.
☐ Raw cal.	A nyers AD átalakító értékeinek kijelzése. A kontroll LED folyamatosan világít, amíg a jelölő be van kapcsolva.
	A program leírását adja vissza (jelenleg nincs implementálva ez a funkció)

A nyers kalibráció segítségével behangolható az erőmérő elem hídkapcsolás. Ezt az erőmérő fejen található „Z” feliratú furatba helyezett vékony hegyű csavarhúzóval tudjuk elvégezni. Előzetesen jelöljük be a „Raw cal.” pipát és figyeljük az átmeneti szöveg puffer (4) változásait.

Az ideális helyzet mérlegcellák esetében az AD átalakító méréstartományának közepe. Ez 8,192-es értéket jelentene, de mivel a mérőfej „negatív” erőhatásoknak nincs kitéve és feleslegesen csökkentené a méréshatár felső értékét, célszerű egy alacsony (de nem nulla!) értéken tartani. A javasolt érték 2,000 környékén jó ±0,1 pontossággal.

A „Raw cal.” helyzet visszaállítása után (töröljük a pipát a „Raw cal.” előtti négyzetben) azaz a normál mérési pozícióban az erőmérő kimenete jelentősen eltérhet a korábbi „nulla” értéktől, ezért célszerű egy „Auto Zero” aktiválása a durva-kalibrációt követően.

A mérőrendszer végleges kialakítása

A mérőrendszerünk három fő egységből áll: a szenzorelemből (fejegység), az elő feldolgozást végző dobozból (Arduino), valamint egy PC-n futtatható vezérlő/kiértékelő szoftverből. Az Arduino alaplap gyári kiszerelésében egy igen sérülékeny áramköri panel, zavart okozhatnak a szennyeződések, a nedvesség ill. fémes tárgyakkal való érintkezés akár végzetes is lehet az elektronika számára, így mindenképpen szükséges egy befogadó dobozba építeni.

A projekt fejlesztésének helyszínén (ÓE RKK) hozzáférhető volt egy 120W-os CO_2 lézervágó berendezés, aminek segítségével kivágtunk kb. 3 mm vastagságú nyírfa rétegelt lemezből egy alkalmas dobozt. A kivágott részelemeket összeragasztva, valamint megfelelő hosszúságú csavarokkal ellátva alakítottuk ki a 16. ábrán látható zárt műszerdobozt.

Az alap egységen egy kontroll LED-en kívül nincs semmilyen megjelenítő, mivel az összes fontosabb adatot egy PC oldali feldolgozó program kezeli. A kijelző szerepét tehát a PC/laptop képernyője látja el, valamint a kezelőfelületet is szoftveres úton alakítottuk ki.

Az eredeti mérőrendszerhez képest a grafikus adatrögzítés, a pillanatnyi „nyers” és az előkondicionált jelek figyelésén túlmenően a rendszer közli a mérés során bekövetkezett csúcs-értéket is. Az adatok elmenthetők, későbbi elemzés céljára tovább feldolgozhatók, jegyzőkönyvezési célra képi formátumú adat kimenettel is rendelkezik (vágólapra másolható a diagram mező tartalma), melyet elterjedtebb szövegszerkesztők képesek fogadni (pl. MS-Word).



16. Ábra: A fő egység összeszerelés után

Összehasonlítva az eredeti rendszerrel ezek a funkciók messze túlmutatnak a régi műszer képességein, mindemellett könnyen integrálható egy átlagos szövöde rendszerébe, és a kor elvárásainak is eleget tesz.

Összefoglalás

Csak az a műszaki folyamat javítható, amit ismerünk. A műszaki életben a fizikai mennyiségek pontos számszerű értékének ismerete szükséges, aminek elengedhetetlen előfeltétele a mérés. A szövőgépek több mint két évszázadában a műszaki fejlesztések terén kimagasló eredményeket ért el (J. M. Jacquard 1805 a programvezérlés, Northrop 1889 „automata” szövőgép). Napjainkban a szövés AI alkalmazás előtt áll. Ezen célok eléréséhez több generáción keresztül számos kimagasló műszaki fejlesztési eredmény a méréstechnika, az elektronika, a szabályozástechnika, a digitalizáció a korszerű szövőgépek szerves részét alkotja. A fejlesztéseknek köszönhetően kialakított nagy teljesítményű szövőgépek hatékony, kiváló minőségű a széleskörű felhasználási igényeknek megfelelő szövetek gazdaságos előállítását teszi lehetővé.

Hivatkozások

[1] Rüti feszültségmérő kiadvány (L5000 15. L/F 19.1-def 841107 és 19.2-si)
[2] Dr. Szücs Iván, Oroszlány Gabriella, Borka Zsolt: Textíliák súrlódási tényezőinek vizsgálata In-Tech-Ed 2005 Konferencia előadás (Bp. 2005)
[3] Szabó Lóránt, Borka Zsolt: A vetülék bevetéskori igénybevétele - MAGYAR TEXTILTECHNIKA (2020)
[4] Szabó Rudolf: Fonalszakadások elemzése MAGYAR TEXTILTECHNIKA (2020)
[5] Szabó R. – Szabó L.: A láncfonal igénybevétel elemzése MAGYAR TEXTILTECHNIKA LXXIV. ÉVF. (2021)
[6] PRAČEK, Stanislav; OROSZLÁNY, Gabriella; NAGY, SZABÓ Orsolya; BORKA, Zsolt; HALÁSZ, Marianna: A fonalban csévéről történő lefejtés közben ébredő húzóerő mérése és matematikai modellje - MAGYAR TEXTILTECHNIKA (2022)
[7] CREALET Systems: Influence of Warp Tension on Fabric Structure and Properties Warp Tension
[8] Szabó Lóránt, Borka Zsolt: Láncfeszültség mérése, az értékek számszerűsítése a hatékony, minőségi szövetgyártás előfeltétele - MAGYAR TEXTILTECHNIKA (2025/3)

Szerzők:

Dr. Szabó Lóránt
Óbudai Egyetem, Rejtő Sándor Könnyűipari és Környezetmérnöki Kar - Környezetmérnöki és Természettudományi Intézet
1034 Budapest, Doberdó út 6. (D.2.53)
Telefon: +36 (1) 666-5944 E-mail: szabo.lorant@rkk.uni-obuda.hu

Borka Zsolt
Óbudai Egyetem, Rejtő Sándor Könnyűipari és Környezetmérnöki Kar - Terméktervező Intézet
1034 Budapest, Doberdó út 6. (D.3.59)
Telefon: +36 (1) 666-5955 E-mail: borka.zsolt@rkk.uni-obuda.hu

CSOMAGOLÁS NYITÁSÁNAK ÉS ZÁRÁSÁNAK ERGONÓMIAI SZEMPONTJAI

Dr. OROSZLÁNY Gabriella, Dr. habil. KOLTAI László
Óbudai Egyetem, Rejtő Sándor Könnyűipari és Környezetmérnöki Kar,
Terméktervező Intézet, Médiatechnológiai és Könnyűipari Intézet

DOI: 10.12700/TMMK.2026.005

Kivonat: *Ez a cikk a fogyasztói csomagolások kinyitásának és újrazárásának ergonómiai vonatkozásait tárgyalja. A csomagolás nyithatóságát a fogyasztók az egyik legfontosabb funkcionális tulajdonságnak tartják. Ennek hiánya intenzív dühöt és frusztrációt vált ki, amelyet a szakirodalom „csomagolási frusztrációnak" nevez. Ez a jelenség komoly gazdasági és biztonsági következményekkel jár, beleértve a megnövekedett balesetveszélyt (sérülések a nem megfelelő eszközhasználat miatt), a termékvisszaküldés növekedését, valamint a márkahűség és a vásárlói bizalom rombolását. A tanulmány a nyitási és újrazárási folyamatot, mint komplex ember-csomagolás interakciót (HPI) elemzi, kiemelve annak három alapvető, egymással szorosan összefüggő komponensét. A következő komponenseket vizsgáljuk: fizikai (biomechanikai) komponenst (szükséges erő, nyomaték, antropometria), a kognitív (értelmi) komponenst (jelek észlelhetősége, mentális modellek, affordanciák és szignifikátorok), valamint az affektív (érzelmi) komponenst (sikerélmény, frusztráció, márka megítélése). A sikeres tervezés célja, hogy a termék ne csak fizikailag hozzáférhető, de értelmileg átlátható és érzelmileg is kielégítő legyen, elkerülve ezzel a vásárlók versenytársakhoz való elpártolását.*

Kulcsszavak: *csomagolás ergonómia, csomagolási frusztráció (wrap rage), felhasználó-központú tervezés, kinyitás és újrazárás, ember-csomagolás interakció (HPI), biomechanika, kognitív ergonómia, affektív komponens, márkahűség.*

BEVEZETÉS

A fogyasztói csomagolás kinyitásának és újrazárásának képessége alapvető fontosságú a vásárlói elégedettség szempontjából, hiánya intenzív dühöt és frusztrációt vált ki, amelyet a szakirodalom „csomagolási frusztrációnak" (wrap rage) nevez. Ez a jelenség komoly gazdasági és biztonsági következményekkel jár, mivel a nehezen nyitható termékek növelik a balesetveszélyt (sérülések a nem megfelelő eszközhasználat miatt), fokozzák a termékvisszaküldést, és szisztematikusan rombolják a vásárlói bizalmat és a márkahűséget. A befogadó és felhasználóbarát csomagolás megtervezéséhez ezért elengedhetetlen a folyamat holisztikus, ergonómiai megközelítése, amely a nyitási és újrazárási folyamatot, mint komplex ember-csomagolás interakciót (HPI) elemzi. Ennek a HPI-nek a sikere három alapvető ergonómiai komponensen múlik: a fizikai (biomechanikai) dimenzión (szükséges erő, nyomaték), a kognitív (értelmi) dimenzión (jelek észlelhetősége, affordanciák és szignifikátorok), valamint az affektív (érzelmi) dimenzión (sikerélmény, frusztráció). Ezen

ergonómiai elvek bemutatásán keresztül a tanulmány célja a HPI-kudarc okainak feltárása és a speciális tudás átadása a felhasználó-központú, befogadó csomagolástervezési elvekről, annak érdekében, hogy a termék ne csak fizikailag hozzáférhető, de értelmileg átlátható és érzelmileg is kielégítő legyen.

BEVEZETÉS A CSOMAGOLÁS INTERAKCIÓ ERGONÓMIÁJÁBA

Egy, a Packaging Technology and Science szaklapban publikált tanulmány szerint a fogyasztók a nyithatóságot a csomagolás egyik legfontosabb funkcionális tulajdonságának tartják, és annak hiánya közvetlenül negatív érzelmi reakciókhoz vezet. [1] [6]

A „csomagolási frusztráció"[2] jelensége

A „csomagolási frusztráció" egy olyan intenzív dühöt és frusztrációt leíró jelenség, amelyet a fogyasztók akkor élnek át, amikor egy termék csomagolását rendkívül nehéz vagy lehetetlen kinyitni. Ez a látszólag apró kellemetlenség komoly gazdasági következményekkel járhat, és jelentősen befolyásolhatja a fogyasztók márkahűségét.

Fontos tudni, hogy a „csomagolási frusztráció" sokkal több, mint egy múló bosszúság. Egy komoly ergonómiai és marketing probléma, amely balesetekhez, közvetlen gazdasági veszteségekhez vezethet, és ami a legfontosabb: szisztematikusan rombolhatja a nehezen felépített vásárlói bizalmat és márkahűséget, a fogyasztókat egyenesen a versenytársak karjaiba taszítva. A vállalatok számára ezért stratégiai fontosságú a befogadó és felhasználóbarát csomagolástervezésbe való befektetés. [6]

A jelenség pszichológiája és kiváltó okai

A „csomagolási frusztráció" nem csupán egyszerű bosszúság. Egy olyan jelenség, amikor a frusztráció agresszióval párosul, a jelenség oka a cél elérésében való akadályozása (ebben az esetben a termékhez való hozzáférés akadályozása), mindez agresszív viselkedéshez vezet. A fogyasztó megvásárolta a terméket, birtokolja azt és mégsem tud hozzáférni, ami tehetetlenséget és dühöt vált ki. [1] [2]

- Hegesztett műanyag kagylócsomagolás (Clamshell): ezek a kemény, átlátszó műanyag csomagolások szinte lehetetlenné teszik a sérülésmentes, eszköz nélküli nyitást. Gyakran ollóra, sőt késre van szükség, ami balesetveszélyes. [2]
- Nehezen feltéphető fóliák és lezárások: a joghurtok, konzervek vagy más élelmiszerek védőfóliái, amelyek elszakadnak, vagy nem válnak le megfelelően.
- Túlzottan erős ragasztószalagok és zsugorfóliák.

[2] frusztráció: Szabad akarat végrehajtásának megakadályozása miatt megélt kudarc; olyan érzelem, amit egy cél elérésének lehetetlensége miatt érzünk; zaklatott lelkiállapot.

- Gyermekbiztos zárak (Child-Resistant Closures - CRC): bár fontos biztonsági funkciót töltenek be, gyakran a felnőtt, különösen az idős vagy ízületi problémákkal küzdők számára is "felnőttbiztosnak" bizonyulnak. [2]



1. Ábra: Csomagolási frusztrációt kiváltó csomagolások [3,4,5,6]

Gazdasági és biztonsági következmények

A nehezen nyitható csomagolásoknak közvetlen, mérhető gazdasági és egészségügyi hatásai vannak. [4] [6]

Balesetveszély és egészségügyi költségek

A legriasztóbb következmény a sérülés. A fogyasztók a frusztráció hevében nem megfelelő eszközökhöz (kés, olló, csavarhúzó) nyúlnak, ami vágásokat, szúrásokat okozhat. [4]

- Egy brit tanulmány szerint évente több mint 60 000 ember kerül kórházba csomagolás felnyitása közben szerzett sérülések miatt. [4]

[3] https://www.amazon.com.au/Thyle-Containers-Clamshell-Fragrances-Customers/dp/B0C9MCF3T6

[4] https://www.industrialpackaging.com/hs-fs/hubfs/clamshell.jpg?width=400&name=clamshell.jpg

[5] https://www.visipak.com/full-face-seal-blisters/

[6] https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Wrap_Rage_Example.jpg

- Az amerikai Consumer Product Safety Commission (CPSC) adatai szintén több ezer ilyen esetet regisztrálnak évente, a vágott sérülésektől kezdve egészen az ínhüvelygyulladásig. Ezek a sérülések jelentős egészségügyi költségekkel járnak. [5]

Termékvisszaküldés és bevételkiesés

Ha a fogyasztó nem tudja kinyitni a csomagolást, vagy a folyamat során megsérti magát a terméket, gyakran visszaviszi azt a boltba. A Journal of Marketing Communications egyik cikke kiemeli, hogy a negatív csomagolási élmény növeli a termékvisszaküldés valószínűségét. Ez a vállalatok számára dupla veszteséget jelent:

- egyrészt elesik az eladástól,
- másrészt költségei merülnek fel a visszaküldött termék kezelésével (logisztika, raktározás, esetleges megsemmisítés).

Negatív online vélemények és „e-WOM"

A digitális korban a negatív tapasztalatok futótűzként terjednek. Egy frusztrált vásárló sokkal nagyobb valószínűséggel ír negatív online véleményt a termékről, vagy osztja meg rossz élményét a közösségi médiában (ez az elektronikus szájreklám, e-WOM: electronic Word-of-Mouth). Egyetlen negatív videó vagy blogposzt egy nehezen nyitható termékről vásárlók ezreit tántoríthatja el a vásárlástól, ami közvetlen bevételkiesést okoz. [5] [6]

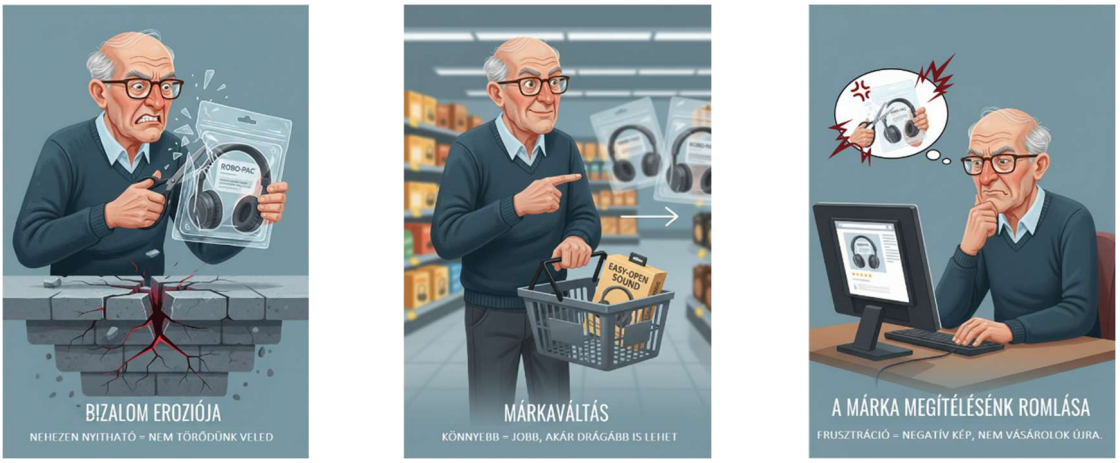


2. Ábra: A csomagolási frusztráció gazdasági és biztonsági következményei

Hatás a márkahűségre és a vásárlói bizalomra

A csomagolás a termék "néma értékesítője" és az első fizikai interakció a vásárló és a márka között. Egy rossz élmény ebben a kritikus pillanatban hosszú távon rombolja a márkáról kialakított képet. [6]

- A bizalom eróziója: Andrew H. Lys-y, a Rochester Institute of Technology csomagolástudományi professzora szerint a nehezen nyitható csomagolás azt az üzenetet küldi a fogyasztónak, hogy a vállalat nem törődik a felhasználói élménnyel, csak a saját logisztikai vagy lopásvédelmi szempontjaival. Ez alááshatja a fogyasztó és a márka közötti bizalmi kapcsolatot. [7] [8] [9]
- Márkaváltás: A Journal of Consumer Behaviour kutatásai szerint a fogyasztók, különösen az idősebb korosztály, hajlamosak aktívan elkerülni azokat a márkákat, amelyeknek a csomagolásával korábban negatív tapasztalatuk volt. Inkább egy versenytárs könnyebben kezelhető termékét választják, még ha az esetleg drágább is. A márkahűség helyét a márkaelkerülés veszi át. [7] [8] [9]
- A márka megítélésének romlása: a "csomagolási frusztráció" során átélt negatív érzelmek (düh, tehetetlenség) tudat alatt összekapcsolódnak a márkával. A fogyasztó emlékezni fog a frusztrációra, és ezt az érzést a márkához fogja társítani a jövőbeni vásárlási döntései során. Ez különösen igaz az ismétlődő vásárlást igénylő termékek (pl. élelmiszerek, gyógyszerek) piacán. [7] [8] [9]



3. Ábra: A csomagolási frusztráció hatása a márkahűségre és a vásárlói bizalomra

A KINYITÁS ÉS ÚJRAZÁRÁS, MINT KOMPLEX INTERAKCIÓ: A FOLYAMAT FIZIKAI, KOGNITÍV ÉS AFFEKTÍV (ÉRZELMI) KOMPONENSEI

A csomagolás kinyitása és újrazárása messze túlmutat egy egyszerű mechanikai műveleten. Ez egy komplex ember-csomagolás interakció (Human-Package Interaction - HPI), amelynek sikere vagy kudarca három, egymással szorosan összefüggő komponensen múlik: a fizikai, a kognitív és az affektív (érzelmi) síkon. A modern ergonómia és csomagolástudomány ezt a három területet együttesen vizsgálja a teljes felhasználói élmény megértéséhez. [1]

A fizikai (biomechanikai) komponens

Ez a dimenzió a felhasználó teste és a csomagolás közötti fizikai kapcsolatra fókuszál. Azt vizsgálja, hogy a felhasználó képes-e kifejteni a szükséges erőket és végrehajtani a szükséges mozdulatokat a csomagolás kezeléséhez. [2]

- **Erő és nyomaték:** a legtöbb nyitási művelet specifikus erőkifejtést igényel. Egy csavaros kupak lecsavarásához nyomatékra (forgatóerőre), egy fólia letépéséhez húzóerőre, egy fül felpattintásához pedig emelőerőre van szükség. A kutatások, mint például a Packaging Technology and Science folyóiratban közölt tanulmányok, dinamométerekkel és nyomatékmérőkkel pontosan mérik ezeket az erőket. A tervezés fontos szempontja, hogy a szükséges erő a célcsoport (pl. idősek, gyerekek) képességeinek határain belül maradjon. [3]



4. Ábra: A kupak kinyitásának erővektorai

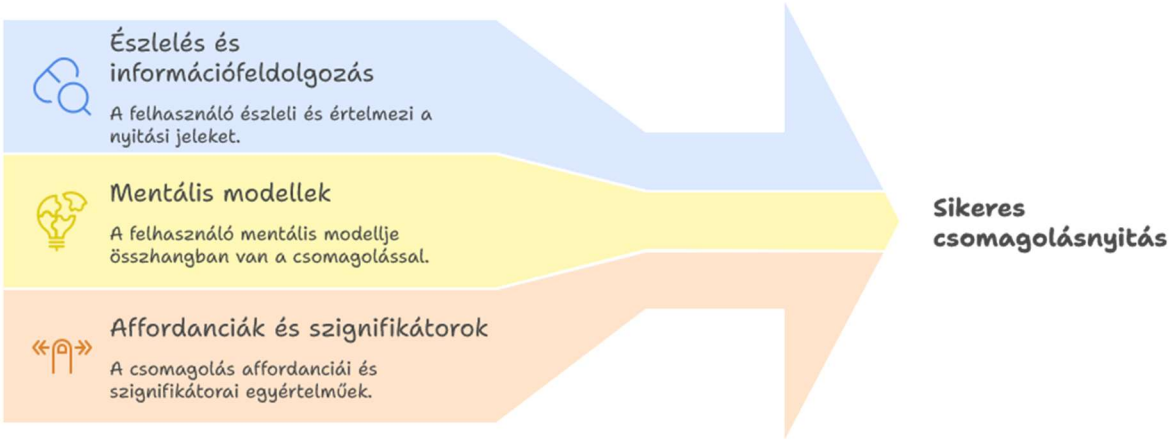
  - **Szorítóerő (Grip Force - piros nyilak):** ez a befelé, a kupak közepe felé irányuló erő, amit az ujjakkal és a tenyérrel fejtünk ki. E nélkül a kezünk egyszerűen lecsúszna a kupakról. A fő célja, hogy elegendő súrlódást hozzon létre a bőr és a kupak felülete között.
  - **Súrlódási Erő (Frictional Force - zöld nyilak):** ez az az erő, ami közvetlenül a szorítóerőből jön létre, és megakadályozza a kéz és az ujjak megcsúszását, amikor elkezdjük forgatni a kupakot. Minél nagyobb a szorítóerő (és minél jobb a kupak recézése), annál nagyobb a súrlódási erő.
  - **Forgatónyomaték (Torque - kék nyíl):** ez maga a forgató hatás, amit a súrlódási erő segítségével hozunk létre. A nyomaték az, ami végül legyőzi a kupakot a helyén tartó erőket (a menet súrlódását és a tömítés által keltett vákuumot vagy a belső nyomást), és elforgatja azt.

- **Antropometria és testtartás:** a csomagolás méretének és formájának illeszkednie kell az emberi kéz méreteihez (antropometria). Egy túl nagy átmérőjű kupakot nehéz stabilan megmarkolni, míg egy túl kicsi, recék nélküli kupak nem biztosít elegendő súrlódást. A nyitás közbeni testtartás (pl. a csomagolás megtámasztása) szintén befolyásolja a sikeres erőkifejtést. [3]
- **Finommotoros képességek:** sok csomagolás (pl. gyógyszerek bliszterei, kis tasakok feltépése a perforációnál) precíz, finommotoros mozgásokat igényel. A csökkent kézügyességgel (pl. ízületi gyulladás miatt) élők számára ezek a feladatok komoly kihívást jelentenek. [3]

A fizikai komponens sikertelensége azonnal megnyilvánul: a felhasználó képtelen kinyitni a terméket, leejti azt, vagy a túlzott erőlködés miatt sérülést okoz magának vagy a terméknek. [2]

A kognitív (értelmi) komponens

Ez a komponens a felhasználó értelmi folyamataival az információfeldolgozással foglalkozik. Vizsgálja, hogy a felhasználó hogyan észleli, értelmezi és tervezi meg a kinyitás folyamatát. Hiába képes valaki fizikailag a feladatra, ha nem érti, mit kell tennie. [1]



5. Ábra: A csomagolás nyitás és zárás kognitív (értelmi) komponensei

- **Észlelés és információfeldolgozás:** a felhasználónak először azonosítania kell a nyitás módjára utaló jeleket. Ezek lehetnek explicit instrukciók7

[7] Az explicit instrukciók közvetlen és egyértelmű utasítások, amelyek pontosan megmondják a felhasználónak, hogy mit és hogyan csináljon. Nincs szükség találgatásra vagy korábbi tapasztalatra, mert a feladatot szövegesen vagy egyértelmű szimbólumokkal közlik. Ezeket az instrukciókat olvasni és értelmezni kell.
Példák csomagolásokon:
- Szöveg: "Itt vágja fel!", "Nyomja be és fordítsa el!", "Felbontás után hűtve tárolandó."
- Piktogramok: Egy olló ábrája a vágás helyét jelölő vonal mellett, vagy egy diagram, ami a gyermekzár működését mutatja be lépésről lépésre.

A lényege: Az explicit instrukció egy szándékos, tudatos üzenet a tervezőtől a felhasználónak.

(szöveg, piktogramok) vagy implicit vizuális jelzések8 (perforáció, bemetszés, eltérő textúra). A kognitív ergonómia azt vizsgálja, mennyire észlelhetők, olvashatók és érthetők ezek az információk a különböző felhasználók számára.

- **Mentális modellek:** minden felhasználónak van egy előzetes elképzelése (mentális modellje) arról, hogyan működik egy adott csomagolástípus. Például a "jobbra zár, balra nyit" egy mélyen rögzült mentális modell a csavaros kupakoknál. Ha egy tervező ettől eltér (pl. egy benyomva fordítós mechanizmussal), de ezt nem kommunikálja egyértelműen, az kognitív disszonanciát és hibás próbálkozásokat eredményez. [10]
- **Affordanciák és szignifikátorok:** Donald Norman dizájnelméletéből átvett kulcsfogalmak.
    - Az affordancia a tárgy tulajdonsága, ami sugallja a használatát (pl. egy fül "felhúzásra invitál").
    - A szignifikátor egy explicit jel, ami egyértelműsíti az affordanciát (pl. a "Húzd itt!" felirat a fülön).

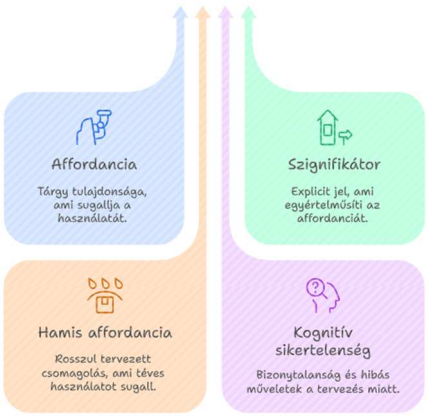
A rosszul tervezett csomagolások gyakran hamis affordanciákat hordoznak (azt sugallják, hogy tépjék, pedig húzni kellene), ami közvetlenül frusztrációhoz vezet.

A kognitív komponens sikertelensége bizonytalanságot, hibás műveleteket és a feladat feladását okozhatja, még akkor is, ha a fizikai erőfeszítés minimális lenne. [1]

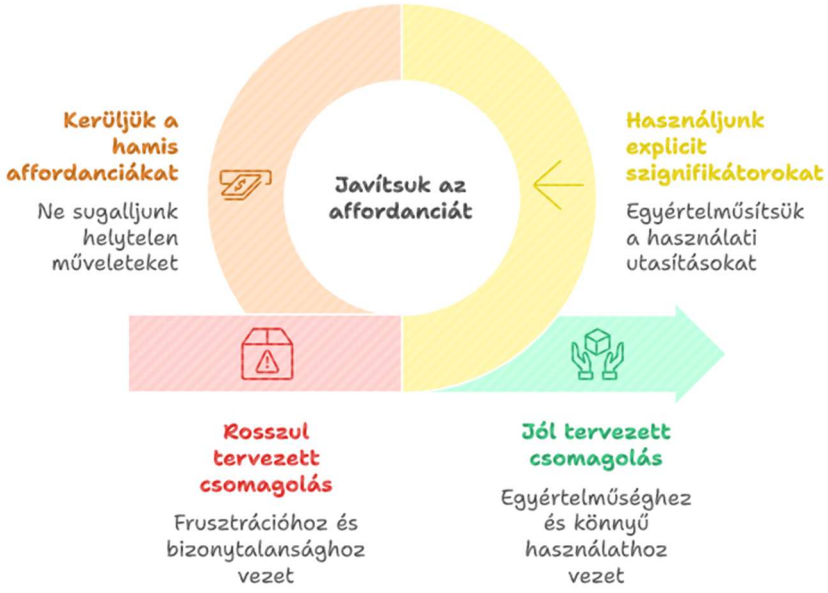
[8] Az implicit vizuális jelzések a csomagolás fizikai tulajdonságai, amelyek finoman sugallják, anélkül, hogy kimondanák, hogyan kellene interakcióba lépni velük. Ezek a jelzések a felhasználó intuíciójára és korábbi tapasztalataira építenek. Ezeket a jelzéseket észlelni és felismerni kell. Ezt a jelenséget a dizájnban gyakran affordanciának nevezik: a tárgy formája "felkínálja" a helyes használatot.
Példák csomagolásokon:

- Perforáció: A pontozott, előre meggyengített vonal egy kartondobozon egyértelműen a tépés lehetőségét sugallja.
- Bemetszés: egy csipszes zacskó szélén lévő apró V-alakú bevágás ösztönösen jelzi, hogy ott érdemes elkezdeni a szakítást.
- Texturált felület: egy kupak recézett, érdes oldala jobb fogást ígér, ezért a felhasználó ösztönösen ott fogja meg.
- Fül vagy hurok: egy konzervdoboz tetején lévő fémhurok szinte "kiabálja", hogy "húzz fel!".

A lényege: Az implicit jelzés a csomagolás fizikai formájába van beépítve, és ösztönösen irányítja a felhasználó mozdulatait.



6. Ábra: Csomagolás affordanciák és szignifikátorok



7. Ábra: Affordanciák és szignifikátorok a csomagolás tervezésben

Az affektív (érzelmi) komponens

Ez a dimenzió a felhasználó érzelmi reakcióival foglalkozik az interakció során és után. Az érzelmek közvetlenül befolyásolják a felhasználói élményt (UX) és a márkáról alkotott képet. [1] [6]

- Sikerélmény - frusztráció: egy könnyen, intuitívan nyíló csomagolás a kompetencia és az elégedettség érzését kelti. Egy jól hallható "kattanás" vagy "pukkanás" a sikeres nyitásról pozitív visszacsatolást jelent a felhasználó számára. Ezzel szemben egy nehezen nyitható csomagolás tehetetlenséget, haragot és extrém esetben "csomagolási frusztrációt" (wrap rage) válthat ki.
- Bizalom és márkahűség: a Journal of Consumer Psychology és hasonló folyóiratok cikkei rámutatnak, hogy a csomagolással kapcsolatos élmény

közvetlenül befolyásolja a márka megítélését. Egy negatív affektív élmény azt sugallja a vásárlónak, hogy "a cég nem törődik velem". Ez az érzés aláássa a bizalmat és csökkenti az újravásárlás esélyét.

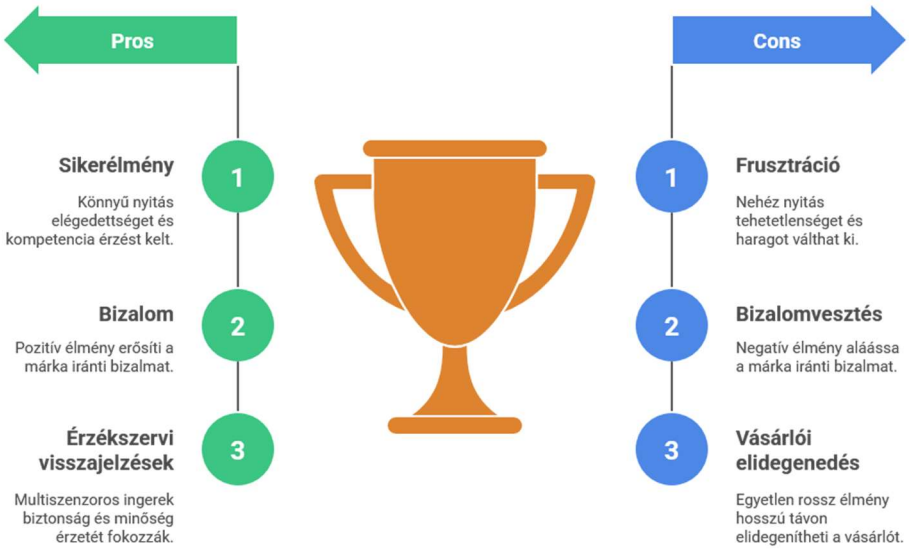
- Érzékszervi visszajelzések: az érzelmi reakciókat nagyban befolyásolják a multiszenzoros ingerek. Az újrazárásnál hallható "klikk" hang, a simítózár tapintható záródása, vagy egy frissen tartó fólia sistergő hangja mind hozzájárulnak a biztonság és a minőség pozitív érzetéhez.

Az affektív komponens sikertelensége a legveszélyesebb a márka szempontjából, mivel egyetlen rossz élmény hosszú távon elidegenítheti a vásárlót.

A három komponens elválaszthatatlan. Egy kognitív hiba (nem értem, mit kell csinálni) fizikai kudarchoz vezet (rossz helyen próbálom kinyitni), ami egyenes út az affektív mélyponthoz (düh és frusztráció). A sikeres, felhasználó-központú csomagolástervezés célja, hogy mindhárom dimenzióban harmonikus és pozitív élményt nyújtson, biztosítva, hogy a termék ne csak fizikailag hozzáférhető, de értelmileg átlátható és érzelmileg is kielégítő legyen. [1]



8. Ábra: A csomagolási élmény érzelmi hatásai



9. Ábra: Csomagolási élmény

ÖSSZEFOGLALÁS

A tanulmány mélyrehatóan elemezte a fogyasztói csomagolások nyitásának és újrazárásának ergonómiai vonatkozásait, rávilágítva, hogy a nehézkes használat milyen súlyos kockázatokat és következményeket rejt a vásárló és a márka számára egyaránt. A kutatás megerősíti, hogy a „csomagolási frusztráció” nem csupán múló bosszúság, hanem komoly ergonómiai és marketing probléma, amely növeli a balesetveszélyt (pl. sérülések nem megfelelő eszközhasználat miatt), valamint tetézi a gazdasági veszteségeket a termékvisszaküldés valószínűségének növelésével és a negatív online vélemények terjedésével (e-WOM). A legnagyobb kockázat a márkahűség szisztematikus rombolása, mivel a nehezen nyitható

csomagolás azt az üzenetet hordozza, hogy a vállalat nem törődik a felhasználói élménnyel, ami bizalomvesztéshez és márkaváltáshoz vezet. A sikeres felhasználói élmény eléréséhez a tanulmány a komplex ember-csomagolás interakció (HPI) keretrendszerét alkalmazta. Ez a modell demonstrálja, hogy a csomagolás ergonómiája három elválaszthatatlan komponensen múlik: a fizikai (biomechanikai) dimenzión (amely a szükséges erőket vizsgálja), a kognitív (értelmi) dimenzión (amely a jelek észlelhetőségével és a mentális modellekkel foglalkozik), valamint az affektív (érzelmi) dimenzión (amely a sikerélményt és a frusztrációt vizsgálja). Végkövetkeztetésként megállapítható, hogy egy kognitív hiba (pl. félreérthető utasítás) közvetlenül fizikai kudarchoz, majd ebből következően affektív mélyponthoz vezet. A jövőbeli csomagolástervezési elveknek éppen ezért e három komponens harmonikus kezelésére kell fókuszálniuk, biztosítva, hogy a termék ne csak fizikailag hozzáférhető, de értelmileg átlátható és érzelmileg is kielégítő legyen, elkerülve ezzel a vásárlók elpártolását.

HIVATKOZÁSOK

[1] Yoxall, A. et al. (2012) Openability: Producing design limits for consumer packaging. Packaging Technology and Science, Vol. 25(8), pp. 499–511.

[2] Lysz-O'Shaughnessy, A. H. (2007) Packaging Ergonomics: Achieving User Centered Design. Rochester Institute of Technology.

[3] Rowson, J. & Yoxall, A. (2011) Fact or friction: a model for understanding the openability of wide mouth closures. Packaging Technology and Science, Vol. 24(3), pp. 137–147.

[4] Winder, R. et al. (2002) Packaging injuries and the elderly. Loughborough University, Final Report for the Department of Trade and Industry.

[5] U.S. Consumer Product Safety Commission (CPSC) (2004) Annual Reports of the CPSC National Electronic Injury Surveillance System (NEISS).

[6] Sudbury-Riley, L. (2014) The impact of packaging on consumer wellbeing. Journal of Consumer Behaviour, Vol. 13(4), pp. 278–290.

[7] Bouteldja, D. The impact of emotional attachment on brand loyalty: A case study of Algerian consumers 2025

[8] Sohail, K. Impact of Creative Packaging Design on Repurchase Decisions in Online Food Delivery 2025

[9] Javed, M. A., Ullah, M. J., Sarwar, I., & Masood, Y. Bridging Consumer Choices: The Role of Sustainable Packaging Logistics and Trust in E-Commerce Industry of Pakistan 2024

[10] St. Amant, K., & Giordano, T. A. Expanding Communication Expectations: Examining Audience Understanding of Scripts Through Fold and Swap Strategies 2024

Szerzők:

Dr. OROSZLÁNY Gabriella
Óbudai Egyetem, Rejtő Sándor Könnyűipari és Környezetmérnöki Kar, Terméktervező Intézet
Magyarország, 1034 Budapest, Doberdó út 6.
Telefon: +36-1-666-5934
E-mail: oroszlany.gabriella@uni-obuda.hu

Dr. habil KOLTAI László
Óbudai Egyetem, Rejtő Sándor Könnyűipari és Környezetmérnöki Kar, Médiatechnológiai és Könnyűipari Intézet
Magyarország, 1034 Budapest, Doberdó út 6.
Telefon: +36-1-666-5960
E-mail: koltai.laszlo@uni-obuda.hu

A VÁROSI FARMOK SZEREPE A FENNTARTHATÓ FEJLŐDÉSBEN

Dr. DEMÉNY Krisztina, BODÁNÉ Dr. habil. KENDROVICS Rita, Dr. habil. FÁCZÁNYI Zsuzsanna, BERECZ Norbert, Dr. SZABÓ Lóránt, Dr. habil. ÁGOSTON Csaba,
Óbudai Egyetem, Rejtő Sándor Könnyűipari és Környezetmérnöki Kar,
Környezetmérnöki és Természettudományi Intézet
Óbudai Egyetem, Ybl Miklós Építéstudományi Kar, Építettkörnyezet Tanszék

DOI: 10.12700/TMMK.2026.006

Kivonat: *A tanulmány a városi gazdaság fogalmi kereteit és a fenntartható fejlődésben betöltött szerepét vizsgálja a 21. századi urbanizációs kihívások tükrében. A városi gazdaság egy olyan komplex rendszer, amely az erőforrások hatékony felhasználásán, a helyi értékteremtésen és a társadalmi integráción alapul. Céljai között fontos szerepet kap a reziliens helyi piacok, a közösségi szerepvállalás ösztönzése és az életminőség javítása, valamint az ökológiai lábnyom csökkentése és a biodiverzitás védelme, melyek által kapcsolódik az ENSZ Fenntartható Fejlődési Céljainak (SDG) eléréséhez.*

A városi gazdaság a városok jövőjének kulturális és rendszerbeli változását testesíti meg. Újra értelmezi a növekedést: nem terjeszkedésként, hanem regenerációként tekint rá. Arra ösztönöz, hogy aktív résztvevői legyünk környezetünknek, és olyan városok tervezésére szólítja fel a döntéshozókat, amelyek nemcsak gazdaságilag hatékonyak, hanem az élet fenntartását is szolgálják. A városi mezőgazdaság tehát nem csak egy gyakorlat, hanem a városi életmód alapvető újragondolásának és fenntartható jövőjének a kerete.

Kulcsszavak: *fenntarthatóság, CoFarm4Cities, városi gazdaság*

BEVEZETÉS

A 21. században az emberiség soha nem látott mértékű urbanizáció kihívásával néz szembe, amelyet súlyosbít a környezetrombolás és az éghajlatváltozás globális hatása. Ezek a jelenségek rendkívüli nyomás alá helyezik a városi rendszereket, amelyek hagyományosan a térbeli terjeszkedésre, az autófüggőségre és a természeti ciklusoktól való elszakadásra épülnek. Ennek eredményeként a városok szétesett tájképpel, termőtalaj-veszteséggel és a városi-vidéki területek közötti szakadék mélyülésével szembesülnek.

E kritikus helyzetben a városoknak alapvetően újra kell gondolniuk a növekedésről, a termelésről és az életfenntartásról alkotott elképzeléseiket. Ebbe jól beilleszthető a városi gazdaságok koncepciója, mely a lineáris városi rendszerekről a körkörös városi rendszerre való áttérést valósítják meg. Ez az új megközelítés a hulladékot, a vizet és az energiát nem végtermékként, hanem újrahasznosítható erőforrásként kezeli, melyeket integrál a termelési ciklusokba. Egy városi gazdaság a földet nem pusztán gazdasági potenciálként értékeli, hanem

társadalmi és ökológiai funkcióiért is. Azáltal, hogy az élelmiszertermelést beágyazza a városi környezetbe – olyan kezdeményezéseken keresztül, mint pl. a tetőkertek, a közösségi parcellák és a vertikális farmok – a városi mezőgazdaság megkérdőjelezi a térbeli terjeszkedés szükségességét. Ehelyett azt mutatja be, hogyan tudnak a városok „befelé növekedni", azaz regenerálni a kihasználatlan területeket, megerősíteni a helyi élelmiszer-ellátási láncot, és növelni a biológiai sokféleséget. A városi farm tehát a város terjeszkedésének megállításában is fontos szerepet játszik. A peremterületeken elhelyezkedő mezőgazdasági parcellák ugyanis pufferzónaként szolgálnak, aktívan gátat szabnak a település további, kontrollálatlan terjeszkedésének, védve az értékes termőföldeket és a természetközeli állapotokat a beépítéstől. Ezáltal támogatják a sűrűbb, de fenntarthatóbb városszerkezet kialakítását.

VÁROSI GAZDASÁG

A városi gazdaság tehát nem csupán egy szűk, környezetvédelmi vagy élelmiszeripari megoldásként jelenik meg, hanem mint a fenntartható városfejlesztés átfogó, átalakító kerete.

A városi gazdaság hatása messze túlmutat az élelmiszertermelésen. Ez egyfajta kormányzati innovációt jelent, amely egyetlen integrált keretben köti össze a területhasználati tervezést, a szociálpolitikát és az éghajlati alkalmazkodást. Új típusú partnerségeket ösztönöz a polgárok, az önkormányzatok és a regionális intézmények között, ezzel összehangolva a helyi kísérleteket a tágabb fenntarthatósági célokkal.

Újra értelmezi a növekedést: nem terjeszkedésként, hanem regenerációként tekint rá. Arra ösztönzi a polgárokat, hogy aktív gondnokai legyenek környezetüknek, és olyan városok tervezésére szólítja fel a döntéshozókat, amelyek nemcsak gazdaságilag hatékonyak, hanem az élet fenntartását is szolgálják. A városi mezőgazdaság tehát nem csak egy gyakorlat, hanem a városi életmód alapvető újragondolásának és fenntartható jövőjének a kerete, mely az egészségesebb és fenntarthatóbb városi környezethez hozzájáruló tényező.

A témában tanulmányozott szakirodalom alapján megállapítható, hogy nincs egyetértés a városi gazdaság fogalmának meghatározásában, így a 2023-2026 között zajló CoFarm4Cities Interreg pályázat keretei között az alábbiak szerint definiáltuk a városi gazdaságot:

A városi gazdaság (városi farm) egy olyan tevékenység, amelyet egy személy vagy közösség végez azzal a céllal, hogy javítsa a városi környezetben élő emberek önellátását, elősegítse a mentális egészséget és a mentális betegségek megelőzését, valamint növelje a környezettudatosságot. A gazdasági tevékenységek magukban foglalhatják a növénytermesztést és az állattenyésztést (különösen a kisállatok, pl. a baromfi tenyésztését). A tevékenység céljai között szerepelhet a városi lakosok tematikus oktatása és képzése is, ami közvetetten javíthatja az önellátást és elősegítheti a mentális egészséget. A városi gazdaság lehet profitorientált vagy nonprofit szervezet. Ennek megfelelően a tevékenységében résztvevők lehetnek civil társadalmi aktivisták, helyi önkormányzati vagy közigazgatási alkalmazottak, vállalati alkalmazottak, vagy más, munkaszerződéssel rendelkező személyek [1, 2].

A VÁROSI GAZDASÁGOK GAZDASÁGI, TÁRSADALMI ÉS KÖRNYEZETI CÉLJAI

Az erőforrás-hatékonyság szempontjából a városi gazdaságok a városi infrastruktúrába integrálódva, kihasználatlan területeket (pl. elhagyott raktárak, tetők) felhasználva növelik a földhasználat hatékonyságát és megakadályozzák a város terjeszkedését. Energetikai szempontból hozzájárulnak ahhoz, hogy az energiafelhasználás csökkenjen, a költségemésztő és környezetterhelő ellátási láncok rövidüljenek, a városi fogyasztók részt vállaljanak az élelmiszer előállításában. Emellett a városi farmok hozzájárulnak a helyi biológiai sokféleség megőrzéséhez és növeléséhez, miközben támogatják a körforgásos gazdaságot is, hiszen a szerves hulladék komposztálásával csökkentik a lerakók terhelését. A farmok a zöldinfrastruktúra részeként növelik a zöldterületek arányát, ami segít csökkenteni a városi hősziget-hatást és mérsékli a túlmelegedést. Mindemellett közösségek jönnek létre, amelyek a társadalmi fenntarthatóság letéteményesei. A városi gazdaságok egy integrált, helyi szintű megoldást kínálnak a fenntartható fejlődés gazdasági, környezeti és társadalmi kihívásaira.

A városi gazdaság kulcsfontosságú alapelvei

A fenntartható városi gazdaság egy olyan komplex rendszer, amely számos egymással összefüggő elvre épül. Ezek az elvek segítenek a gazdasági növekedés és a környezeti fenntarthatóság közötti feszültség csökkentésében.

Ökológiai lábnyom csökkentése

Az ökológiai lábnyom (1. Ábra) csökkentése az egyik legfontosabb elv. A városok a Föld felszínének csupán 3%-át foglalják el, mégis a globális energiafogyasztás 60-80%-áért és a szén-dioxid-kibocsátás 75%-áért felelősek. Mindemellett a városokban koncentrálódó lakosság nagy távolságban megtermelt élelmiszerekkel történő ellátása a szállítmányozás hatásai miatt növeli a városi élet negatív ökológiai hatásait. A városokban keletkező szerves hulladékok egy része megfelelő kezelést követően alkalmas lehet mezőgazdasági célú hasznosításra, ehhez azonban szükséges a fogadóképes gazdaságok megteremtése. A fenntartható városi gazdaság arra törekszik, hogy minimalizálja ezt a negatív hatást. Ez magában foglalja a lakosság legalább részben helyben megtermelt élelmiszerekkel történő ellátását, a gazdaságok hatékony hulladékgazdálkodását, így pl. a helyben történő újrahasznosítás és komposztálás rendszereinek kiépítését. Magában foglalhatja a hatékony vízgazdálkodás (pl. csapadékvíz hasznosítás), és esetenként akár az energiahatékonyság javítását az épületekben, a megújuló energiaforrások (pl. nap- és szélenergia) használatának ösztönzését [3].



1. Ábra: Ökológiai lábnyom (forrás: www.footprintnetwork.org/our-work/ecological-footprint)

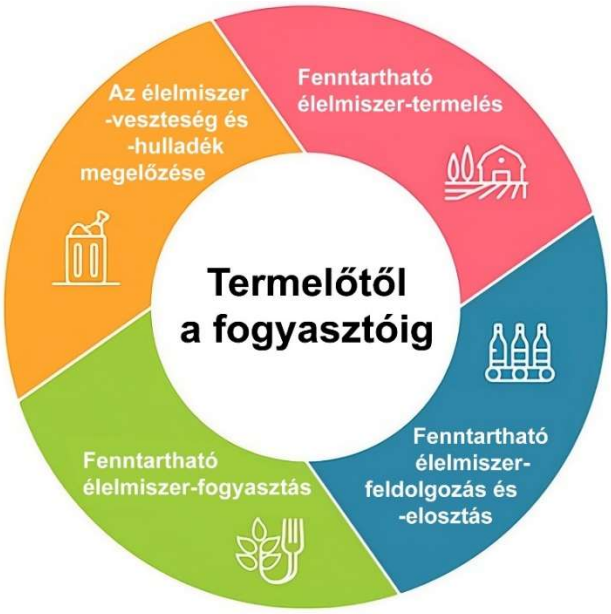
Helyi gazdaság erősítése

A globalizált ellátási láncok sebezhetők és nagy szén-dioxid-kibocsátással járnak. A fenntartható modellben a hangsúly a helyi termelésen és fogyasztáson van. Ez a megközelítés támogatja a helyi vállalkozásokat, munkahelyeket teremt a közösségen belül, és csökkenti a szállítási távolságokat, ezáltal minimalizálva a szén-dioxid-kibocsátást. A helyi piacok, közösségi kertek és a helyben előállított termékek népszerűsítése a városi életforma ellenállóbbá tételét szolgálja a globális zavarokkal szemben.

Fenntartható élelmiszerellátás

Az élelmiszerrendszer fenntarthatóvá válása alapvető ahhoz, hogy mindenki számára biztosítható legyen a jó minőségű, tápláló élelmiszer. Egy versenyképes és fenntartható mezőgazdaság képes megtartani a vizet a tájban és elősegíti a biológiai sokféleség kialakulását, miközben elkerüli a talajromlást és a talaj tápanyagcsökkenését. A fenntartható gazdálkodási gyakorlatok, mint a városi farmok, fontos szerepet játszanak a fenntartható gazdálkodási gyakorlatok ösztönzésében, továbbá a fenntartható étrendek népszerűsítésében, pl. alacsonyabb környezeti hatású, szezonális, helyi termékek kapcsán [4].

Egyértelmű irányt ad a városi gazdaságok fejlesztésének az Európai Bizottság „termelőtől a fogyasztóig” stratégiája, amely az európai zöld megállapodás kulcsfontosságú eleme, továbbá együttműködik a 2030-ig tartó időszakra szóló uniós biodiverzitási stratégiával. Átfogó módon foglalkozik a fenntartható élelmiszerrendszerek kihívásaival, felismerve az egészséges emberek, az egészséges társadalmak és az egészséges bolygó közötti elválaszthatatlan kapcsolatokat. A „termelőtől a fogyasztóig” stratégia (2. Ábra) szerves részét képezi az Egyesült Nemzetek Szervezete által elfogadott fenntartható fejlődési célok elérésére irányuló bizottsági menetrendnek is. Célja az Unió olyan fenntartható élelmiszerrendszerre való átállásának felgyorsítása és megkönnyítése, amely semleges vagy pozitív környezeti hatást gyakorol; mérsékeli az éghajlatváltozást, és támogatja a hatásaihoz való alkalmazkodást; visszafordítja a biológiai sokféleség csökkenését; biztosítja az élelmezés- és táplálkozásbiztonságot és a népegészségügyet – annak garantálása révén, hogy mindenki elegendő, tápláló és fenntartható élelmiszerhez jusson; és megőrzi az élelmiszerek megfizethetőségét a méltányosabb gazdasági megtérülés mellett, és előmozdítja az uniós ellátási ágazat versenyképességét a tisztességes kereskedelem ösztönzése mellett [5].



2. Ábra: Termelőtől a fogyasztóig stratégia (forrás: https://food.ec.europa.eu/horizontal-topics/farm-fork-strategy_en)

Bár a városi gazdaságok nyilván nem az élelmiszertermelés nagy részét kell, hogy átvegyék, de jelentős termelési eredményeket hozhatnak. A városi gazdálkodás iránti érzékelhető társadalmi igényt és a fenntartható városfejlesztési politikát egyesítve ki tudjuk teljesíteni azt a potenciált, ami a város peremterületein tudatosan telepített városi mező- és kertgazdaságokban rejlik - ezt fordíthatjuk városaink fenntarthatósága javára. Az így létrejövő városi kertek vagy gazdaságok a fenntartható élelmiszertermelés helyszínei lesznek. Hozzájárulnak ahhoz, hogy a energia és költségemésztő ellátási láncok rövidüljenek, a városi fogyasztók részt vállaljanak az élelmiszer előállításában. Mindemellett közösségek jönnek létre, amelyek a társadalmi fenntarthatóság letéteményesei.

Közösségi szerepvállalás és társadalmi kohézió

Egy fenntartható városi gazdaság nem létezhet erős és aktív közösség nélkül. A helyi lakosság bevonása a döntéshozatali folyamatokba, a közösségi projektek támogatása (pl. közösségi kertek, fák ültetése) és a helyi együttműködések ösztönzése alapvető fontosságú. A társadalmi egyenlőtlenségek csökkentése, az egyes társadalmi csoportok közötti kommunikáció és kölcsönös megértés erősítése, melynek szintén hatékony eszköze lehet egy városi farmon végzett, az egyének együttműködésére építő közös munka. A különböző háttérrel, korosztállyal és jövedelemmel rendelkező emberek együtt dolgoznak egy közös célért. Ez építi a bizalmat, erősíti a szociális hálózatokat és csökkenti a társadalmi fragmentációt. A farmok teret biztosítanak a különböző generációk közötti tudásátadásnak és együttműködésnek, megerősítve a generációk közötti felelősségvállalás elvét. A városi farmon végzett közös munka egy modell arra, hogyan lehet a környezeti felelősséget, a gazdasági rezilienciát és az erős közösségi kapcsolatokat helyi szinten, kézzelfogható módon ötvözni.

A VÁROSI GAZDASÁGOK SZEREPE A FENNTARTHATÓ FEJLŐDÉSI CÉLOK ELÉRÉSÉBEN

A városi farmok rendkívül pozitív, többdimenziós kapcsolatban állnak a Fenntartható Fejlődési Célokkal (SDG) [6], mivel képesek helyi szinten, integrált módon támogatni az élelmezésbiztonságot, az egészséget, a fenntartható gazdaságot és a környezetvédelmet [7].

Ezek a „városi oázisok” a leghatékonyabb eszközként egyszerre több SDG célhoz is hozzájárulnak, különösen az alábbiakhoz:

- SDG 2: az éhezés megszüntetése. A városi farmok friss, tápanyagdús élelmiszerhez juttatják a helyi lakosságot, csökkentve a globális ellátási láncoktól való függőséget és javítva az élelmiszer-biztonságot. A rászoruló közösségek számára jelentős segítséget jelenthetnek.
- SDG 3: egészség és jólét. A zöldségfogyasztás, az egészséges étrend kialakítása fontos szerepet játszik a krónikus betegségek kockázatának elkerülésében és a szervezet fenntartásához elengedhetetlen tápanyagok bevitelében. A farmokon végzett fizikai munka, valamint a közösségi interakció mentális egészségügyi előnyökkel jár, csökkentve a stresszt és növelve a társadalmi kohéziót.
- SDG 4: minőségi oktatás. A farmok lehetőséget biztosítanak új ismeretek elsajátítására és gyakorlati alkalmazásra. A résztvevők, különösen a gyermekek és fiatalok valós élethelyzetben sajátíthatják el a fenntartható gazdálkodás, a biológia és az ökológia alapjait, továbbá a környezeti nevelés színteréül szolgálnak.
- SDG 8: tisztességes munka és gazdasági növekedés. A városi farmok új munkahelyeket teremthetnek a mezőgazdaság, az élelmiszer-feldolgozás és a fenntartható technológiák terén. Hozzájárulnak a helyi gazdaság sokszínűségéhez és ellenálló képességéhez.

- SDG 11: fenntartható városok és közösségek. A városi farmok zöld területeket hoznak létre a betonrengetegben, javítva a levegő minőségét, csökkentve a városi hősziget-hatást és növelve a biológiai sokféleséget. Emellett közösségi találkozóhelyként is szolgálnak, erősítve a helyi kohéziót és a közösségtudatot.
- SDG 12: felelős fogyasztás és termelés. A helyi élelmiszertermelés csökkenti a hosszú távú szállítási láncokhoz kapcsolódó szén-dioxid-kibocsátást és az élelmiszer-pazarlást. A városi farmokon gyakran alkalmaznak fenntartható gazdálkodási módszereket (pl. komposztálás, esővízgyűjtés), ami minimalizálja a környezeti terhelést.
- SDG 13: klímaváltozás elleni fellépés. A növények szén-dioxidot vonnak ki a légkörből, így a városi farmok segítenek a szén-dioxid-kibocsátás csökkentésében. Csökkentik a városi hősziget-hatást, ezzel segítik az egyre növekvő gyakoriságú hőhullámok elleni védekezést, alkalmazkodást. A helyi élelmiszertermelés emellett csökkenti a fosszilis tüzelőanyagok (üzemanyagok) felhasználását, ami a globális élelmiszer-ellátási láncban történik.

Összességében a fenntartható városi gazdálkodás egy olyan paradigmaváltást jelent, amely a gazdasági, társadalmi és környezeti szempontokat egyaránt figyelembe veszi.

KÖRFORGÁSOS GAZDÁLKODÁS A VÁROSI GAZDASÁGOKBAN

A körforgásos gazdaság (3. Ábra) legfőbb célja, hogy a modern társadalmakra jellemző lineáris anyagforgalmon alapuló (alapanyag-termék-hulladék) folyamatokat olyan folyamatokkal váltsa fel, melyekben minimalizálható a természeti erőforrások igénybevétele és a keletkező hulladékok mennyisége [8].



3. Ábra: A körforgásos gazdálkodás modellje (forrás: www.europarl.europa.eu/topics/en/article/20151201STO05603/circular-economy-definition-importance-and-benefits)

A cél elérésére a körforgásos gazdaság három fő alapelvre épít, melyek a gyakorlatban alkalmazott tevékenységekben valósulnak meg [9]:

1. A hulladék és a szennyezés megszüntetése: a cél az, hogy a termékeket és folyamatokat úgy tervezzük meg, hogy eleve ne keletkezzen hulladék vagy szennyezés.
2. A termékek és anyagok körforgásban tartása: ez magában foglalja a javítást és újrahasználatot, az anyagában történő újrahasznosítást amivel elérhető, hogy az anyagok a lehető leghosszabb ideig a gazdaságban maradjanak.
3. A természeti rendszerek regenerálása: a gazdasági tevékenységeknek támogatniuk és helyre kell állítaniuk a természeti rendszereket, és nem károsíthatják azt.

Ezek az elvek kiválóan illeszkednek a városi farmok koncepciójához, amelyek a helyi, friss élelmiszertermelés kapcsán csökkentik a szállítási távolságokat és az ehhez köthető szén-dioxid-kibocsátást.

A körforgásos gazdaság alapelveinek alkalmazása a városi farmokon számos módon valósítható meg.

Hulladékcsökkentés és hasznosítás

A városi farmok jelentős mennyiségű szerves hulladékot termelnek, pl. növényi maradványokat, amelyek újrahasznosíthatók. A komposztálás az egyik legalapvetőbb és leghatékonyabb módszer a szerves hulladékok újrahasznosítására. A növényi hulladékok komposztálásával tápanyagban gazdag talajjavító anyagot állíthatunk elő, amely visszakerül a termelési ciklusba. Ezenkívül a farmok együttműködhetnek helyi éttermekkel, élelmiszer-feldolgozókkal és háztartásokkal is a szerves hulladék gyűjtésére és komposztálására, ezzel is csökkentve a hulladéklerakók terhelését, elősegítve szerves anyagok körforgásban tartását, egyúttal csökkentve a szintetikus műtrágyák iránti igényt.

Egy további, közösségi városi farmokon ritkán alkalmazott innovatív megoldás az akvapóniás és a hidropóniás rendszerek, amelyek zárt ciklusban működnek. Egyes technológiai megoldásait profitorientált gazdaságok sikeresen alkalmazhatják városi környezetben viszonylagos kis helyigényük miatt (vertikális gazdaságok). Az akvapónia rendszerekben a halak által termelt hulladék tápanyagként szolgál a növények számára, míg a növények megtisztítják a vizet a halak számára. Ez egy tökéletes példa a természetes rendszerek regenerálására és a hulladék minimalizálására, mivel alig vagy egyáltalán nem keletkezik hulladék.

Vízgazdálkodás

A körforgásos modell alapvető eleme a víz újrafelhasználása, illetve a helyben rendelkezésre álló megújuló vízforrások, elsősorban a csapadékvíz hasznosítása. A városi farmok számára létfontosságú a víztakarékosság, különösen a nagyvárosi területeken. Az esővízgyűjtő

rendszerek, valamint az öntözővíz szűrése és újrafelhasználása jelentősen csökkenti a frissvíz-felhasználást. A hidropóniás és akvapóniás rendszerek eleve zárt vízciklusban működnek, így a vízveszteség minimális.

Energiahatékonyság és megújuló energia

A körforgásos gazdaság a megújuló energiaforrások használatát ösztönzi. A városi farmok integrálhatnak kis kapacitású szélturbinákat (elsősorban függőleges tengelyű, kis szélsebességekre optimalizált rendszereket), és napelemes rendszereket az energiaigényük fedezésére [10]. Ez különösen fontos lehet a vertikális farmokon, ahol a mesterséges megvilágítás gyakori. Elméletileg a biomassza-hasznosítás is lehetséges, a növényi hulladékból biogázt lehet előállítani, amelyet fűtésre vagy energiatermelésre lehet felhasználni, ez a megoldás azonban a városi farmok viszonylag kis mérete, és a városi környezet miatt nehezen kivitelezhető.

A körforgásos gazdaság elveinek alkalmazása a városi farmokon számos előnnyel jár:

- Környezeti előnyök: csökkenti a keletkező hulladékok mennyiségét, a vízfogyasztást és a szén-dioxid-kibocsátást, valamint fenntartja a talaj termőképességét.
- Gazdasági előnyök: csökkenti a termelési költségeket a hulladék újrahasznosításával és az energiahatékonyság növelésével, emellett új bevételi forrásokat is teremthet (pl. komposzt értékesítése).
- Társadalmi előnyök: helyi munkahelyeket teremt, friss, egészséges élelmiszereket biztosít a közösségek számára, és növeli a lakosság környezettudatosságát. Egyfajta közösségi térként funkcionálva növeli a társadalmi kohéziót, csökkenti az egyes társadalmi csoportok közöttifeszültségeket.

Összességében elmondható, hogy a városi gazdálkodás a körforgásos gazdaság elveinek ötvözésével egy rendkívül ígéretes út a fenntartható jövő felé. A helyi élelmiszer-termelés és a hulladékminimalizálás szinergiája egy olyan rendszert hoz létre, amely nem csupán hatékony, hanem a természeti erőforrásokat is kíméli. Az alapelvek tudatos alkalmazásával a városi farmok nem csupán élelmiszer-előállító helyekké válnak, hanem a fenntarthatóság és a környezettudatosság alappilléreivé. A jövő városai zöldebbek és ellenállóbbak lehetnek, ha a körforgásos gazdaság elvei a mindennapi élet részévé, így a helyi közösségeket szolgáló farmok működésének alapjává válnak.

ÖSSZEFOGLALÁS

A fenntartható városi gazdálkodás egy olyan paradigmaváltást jelent, amely a gazdasági, társadalmi és környezeti szempontokat egyaránt figyelembe veszi. A városi farmok nem csupán élelmiszert állítanak elő, hanem számos más, az igazságosabb és a természeti környezethez jobban alkalmazkodó jövő megteremtését segítő követendő megoldást mutatnak be. Erőforrás-

hatékonyság szempontjából a városi farmok a városi infrastruktúrába integrálódva, kihasználatlan területeket (pl. elhagyott raktárak, tetők) felhasználva növelik a földhasználat hatékonyságát és megakadályozzák a város terjeszkedését. Energetikai szempontból hozzájárulnak ahhoz, hogy az energiafelhasználás csökkenjen, a költségemésztő és környezetterhelő ellátási láncok rövidüljenek, a városi fogyasztók részt vállaljanak az élelmiszer előállításában. Emellett a városi farmok hozzájárulnak a helyi biológiai sokféleség megőrzéséhez és növeléséhez, miközben támogatják a körforgásos gazdaságot is, hiszen a szerves hulladék komposztálásával csökkentik a lerakók terhelését. A farmok a zöldinfrastruktúra részeként növelik a zöldterületek arányát, ami segít csökkenteni a városi hősziget-hatást és mérsékli a túlmelegedést. Mindemellett közösségek jönnek létre, amelyek a társadalmi fenntarthatóság letéteményesei. A városi gazdaságok egy integrált, helyi szintű megoldást kínálnak a fenntartható fejlődés gazdasági, környezeti és társadalmi kihívásaira.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A projekt Budapest Főváros III. ker. Óbuda-Békásmegyer Önkormányzat, valamint az Európai Unió Interreg CE0100253 számú CoFarm4Cities: Creating a sustainable model for urban fringe farming in Central Europe as an effective tool to prevent urban sprawl and to transition to a more sustainable food system and society pályázat támogatásával, az Óbudai Egyetem részvétele a Magyar Állam támogatásával valósult meg. A cikkben szereplő vélemények és állítások a szerző(k) álláspontját tükrözik, és nem feltétlenül egyeznek meg az Európai Unió vagy az Európai Oktatási és Kulturális Végrehajtó Ügynökség (EACEA) hivatalos álláspontjával. Sem az Európai Unió, sem az EACEA nem vonható felelősségre miattuk.

HIVATKOZÁSOK

[1] Rita Bodáné-Kendrovics Ph.D., Ágnes Csiszárik-Kocsir Ph.D., Krisztina Demény Ph.D., Csaba Ágoston Ph.D., Lóránt Szabó Ph.D., László Boda, András Szeder (2023): *In-depth analysis of 5 relevant successful urban farming practices,* Interreg Central Europe, CoFarm4Citites CE0100253.

[2] Bodáné Kendrovics Rita, Demény Krisztina, Ágoston Csaba, Szabó Lóránt, Szeder András (2024): *CoFarm4Cities - városi farmok szerepe egy élhetőbb városi környezetben,* In: Dr. Csanák Edit főszerk.: Tudományos, műszaki és művészeti közlemények -2024, ÓE RKK Médiatechnológiai és Könnyűipari Intézet, ISSN 2631-1658, pp143. https://rkk.uni-obuda.hu/wp content/uploads/2025/01/TMKK_2024_HUNENG.pdf

[3] *A global dataset of annual urban extents (1992–2020) from harmonized nighttime lights*, ESSD (2022), https://essd.copernicus.org/articles/14/517/2022 + UNFCC, https://unfccc.int/news/urban-climate-action-is-crucial-to-bend-the-emissions-curve

[4] *WWF, Sustainable Food Systems WWF Principles for Central Europe,* https://wwfcee.org/pdf_collections/28/WWF%20PRINCIPLES%20FOR%20SUSTAINABLE%20FOOD%20SYSTEMS%20IN%20CENTRAL%20EUROPE-2-1.pdf

[5] *Farm to Fork Strategy*, European Union, EUR-Lex, https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/DOC/?uri=CELEX:52020DC0381

[6] *Sustainable Development Goals* https://www.un.org/sustainabledevelopment/sustainable-development-goals

[7] R. Semenova , K. Wilhel M. (2021)*: Sustainable Development Goals Addressed by Urban Farming,* GROOF project, funded by Interreg NWE programme, https://vb.nweurope.eu/media/15922/groof-sdg-rtg-rima-1.pdf

[8] Europien Parliament (2016) *Closing the loop, New circular economy package*, https://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document/EPRS_BRI(2016)573899

[9] Ellen MacArthur Foundation, *The Circular Economy/Definition, Model Explained,* https://www.ellenmacarthurfoundation.org/topics/circular-economy-introduction/overview

[10] Berecz Lajos Norbert (2025): *Városi gazdaság energiaellátása megújuló energiával*, Óbudai Egyetem Rejtő Sándor Könnyűipari és Környezetmérnöki Kar, ISSN 2631-1658, Bp. 2025. 51. o., https://rkk.uni-obuda.hu/wp-content/uploads/2025/06/rejto-konferencia_magyar_2025_honlapra.pdf

Szerző(k):

Dr. DEMÉNY Krisztina
Óbudai Egyetem Rejtő Sándor Könnyűipari és Környezetmérnöki Kar
Magyarország, 1034, Budapest, Doberdó u. 6.
Telefon: +36 1 666 5943 E-mail: demeny.krisztina@rkk.uni-obuda.hu

BODÁNÉ Dr. KENDROVICS Rita
Óbudai Egyetem Rejtő Sándor Könnyűipari és Környezetmérnöki Kar
Magyarország, 1034, Budapest, Doberdó u. 6.
Telefon: +36 30 651 9852 E-mail: bodane.rita@rkk.uni-obuda.hu

Dr. FÁCZÁNYI Zsuzsanna
Óbudai Egyetem Ybl Miklós Építéstudományi Kar
Magyarország, 1146, Budapest, Thököly út 74.
Telefon: +36 1 252 1270 E-mail: faczanyi.zsuzsa@ybl.uni-obuda.hu

BERECZ Norbert
Óbudai Egyetem Rejtő Sándor Könnyűipari és Környezetmérnöki Kar
Magyarország, 1034, Budapest, Doberdó u. 6.
Telefon: +36 1 666 5948 E-mail: berecz.norbert@uni-obuda.hu

Dr. SZABÓ Lóránt
Óbudai Egyetem Rejtő Sándor Könnyűipari és Környezetmérnöki Kar
Magyarország, 1034, Budapest, Doberdó u. 6.
Telefon: +36 1 666 5942 E-mail: szabo.lorant@rkk.uni-obuda.hu

Dr. ÁGOSTON Csaba
Óbudai Egyetem Rejtő Sándor Könnyűipari és Környezetmérnöki Kar
Magyarország, 1034, Budapest, Doberdó u. 6.
Telefon: +36 1 666 5947 E-mail: agoston.csaba@rkk.uni-obuda.hu

A PPWR ALKALMAZÁSÁNAK KIHÍVÁSAI AZ ELEKTRONIKAI IPARBAN

HORVÁTH Bence
Óbudai Egyetem, Rejtő Sándor Könnyűipari és Környezetmérnöki Kar,
Médiatechnológiai és Könnyűipari Intézet

DOI: 10.12700/TMMK.2026.007

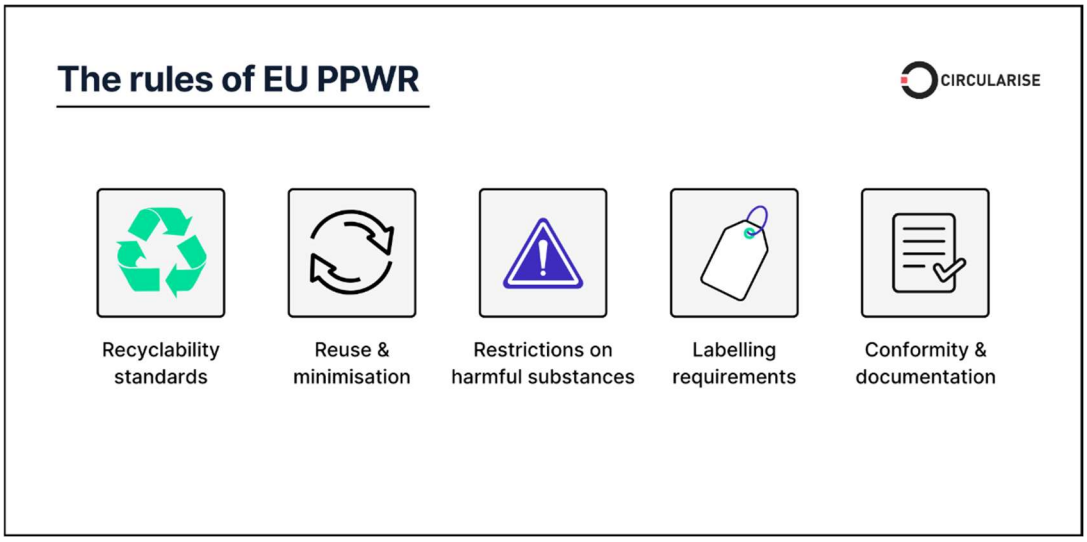
Kivonat: *A tanulmány a csomagolásról és a csomagolási hulladékról szóló rendelet (PPWR) elektronikai iparra gyakorolt gyakorlati hatásait vizsgálja, különös tekintettel a termékbiztonsági, funkcionális és fenntarthatósági követelmények összehangolására. Az elektronikai iparban a csomagolási rendszerek alapvető funkcionális követelménye az elektrosztatikus kisüléssel szembeni védelem (ESD-védelem), amelynek biztosítása mellett a csomagolóanyagoknak és csomagolóeszközöknek a PPWR előírásainak is meg kell felelniük. A megfelelés komplexitását növeli az iparág globális beszállítói és értékesítési láncokba való integráltsága. Az Európai Unión kívüli, különösen az ázsiai piacokon alkalmazott vevői specifikációk és szabványok az ASTM- és ISTA-alapú validációkon túl további követelményeket támaszthatnak, ezért egy univerzális, minden vevő számára alkalmazható csomagolási rendszer kialakítása sok esetben nem reális. Az újrahasználható csomagolási rendszerek alkalmazásának nehézségeit különösen a távol-keleti export esetében a visszagyűjtés, a logisztikai folyamatok, a készletgazdálkodás és a nyomon követhetőség feltételei határozzák meg. A termékbiztonsági követelmények ugyanakkor túlmutathatnak az ESD-védelmen. Egy konkrét ipari alkalmazás példája rámutat arra, hogy a műszaki és minőségi követelmények teljesítéséhez az egykomponensű anyagszerkezet helyett többkomponensű rendszer alkalmazása válhat szükségessé. A PPWR által ösztönzött, újrafeldolgozhatóságot támogató monomateriálos megoldások ezért jelenleg nem minden esetben alkalmazhatók a kritikus funkcionális követelmények sérülése nélkül. A szabályozás a korábban alkalmazott csomagolási megoldások újragondolását, valamint olyan innovatív rendszerek fejlesztését ösztönzi, amelyek egyidejűleg biztosítják a termékbiztonsági és fenntarthatósági követelmények teljesítését. Az elektronikai ipar PPWR-megfelelésében meghatározó szerepet kaphatnak a globálisan működtethető, nyomon követhető és gazdaságos logisztikai és csomagolási rendszerek, amelyek a termékvédelem és az ESD-biztonság mellett a körforgásos gazdaság követelményeinek is megfelelnek.*

Kulcsszavak: *PPWR, elektronikai ipar, ESD-védelem, termékbiztonság, fenntartható csomagolás, körforgásos gazdaság, csomagolási logisztika*

A PPWR jelentősége a csomagolást alkalmazó iparágakban

A csomagolóiparban és a csomagolást alkalmazó kapcsolódó iparágakban az elmúlt időszak egyik meghatározó feladatává vált a csomagolásról és a csomagolási hulladékról szóló rendelet (PPWR) követelményeire való felkészülés. A megfelelés biztosítása számos vállalat esetében a meglévő dokumentációk és műszaki specifikációk felülvizsgálatát, a rendelet várható vállalati

hatásainak értékelését, valamint a szükséges műszaki, szervezeti és logisztikai feladatok meghatározását teszi szükségessé. A változás különösen jelentős lehet azokban az iparágakban, ahol a csomagolás korábban nem stratégiai területként jelent meg, hanem elsősorban a gyártási, intralogisztikai és exportfolyamatok működését támogató elemként. A PPWR követelményeinek teljesítésével ugyanakkor ezekben az ágazatokban is előtérbe kerülnek a csomagolásfejlesztés fenntarthatósági alapelvei, így különösen a felhasznált csomagolóanyagok mennyiségének csökkentése (reduce), a csomagolások újrahasználata (reuse), újrafeldolgozása (recycle), a csomagolási rendszerek minimalizálása (minimize), valamint a körforgásos gazdaság (circular economy) szemléletének alkalmazása. A szabályozás hatása ezért nem korlátozódik a csomagolóanyag- és csomagolóeszköz-gyártókra. A PPWR követelményeit minden olyan iparág esetében szükséges figyelembe venni, ahol a termékek előállítása és elosztása során csomagolóanyagokat vagy csomagolóeszközöket alkalmaznak, függetlenül attól, hogy azok elsődlegesen értékesítési, szállítási vagy vállalaton belüli logisztikai funkciót töltenek be. Az alábbi ábra (1. ábra) a PPWR általános követelményrendszerét ábrázolja. [1]



17. Ábra: A PPWR általános követelményrendszere (forrás: https://www.circularise.com/zh/blogs/ppwr-guide-to-compliance-timelines-and-mass-balance-solutions)

Termékbiztonsági és funkcionális követelmények az elektronikai iparban

Az élelmiszer- és gyógyszeripar mellett az elektronikai ipar is azon ágazatok közé sorolható, amelyekben a PPWR követelményeinek teljesítése összetett műszaki és csomagolástechnikai kihívásokat jelent. Ennek egyik meghatározó oka, hogy ezekben az iparágakban a csomagolással szemben támasztott követelmények között kiemelt szerepet tölt be a termékbiztonság biztosítása. A csomagolási rendszernek ezért a termék fizikai védelmén túl az adott alkalmazási területre jellemző speciális funkcionális követelményeket is teljesítenie kell. Az elektronikai ipar esetében ezek közé tartozik az elektrosztatikus kisüléssel szembeni védelem (ESD-védelem), amely az elektrosztatikus kisülésre érzékeny alkatrészek biztonságos

kezelése, tárolása és szállítása során egyaránt meghatározó jelentőségű. Az ESD-védelem szükségessége az egyszerű félvezető alkatrészektől a több elektronikai komponenst tartalmazó, nagy értékű teljesítménymodulokig számos termékcsoportot érinthet. A PPWR alkalmazása szempontjából ugyanakkor az ESD-védelem a csomagolási rendszerrel szemben támasztott funkcionális követelményként jelenik meg. Ennek megfelelően az ESD-védelmi funkció biztosítása önmagában nem mentesíti az alkalmazott csomagolóanyagokat és csomagolóeszközöket a rendelet követelményeinek teljesítése alól. A csomagolásfejlesztés során ezért a termékbiztonsági és ESD-védelmi szempontokat a PPWR által meghatározott követelményekkel együttesen szükséges figyelembe venni. Az alábbi ábra (2. ábra) ESD érzékeny elektronikai cikkeket ábrázol gyártás közben. [1] [2]



18. Ábra: ESD érzékeny elektronikai termék (forrás: https://www.azonano.com/article.aspx?ArticleID=6658)

A globális ellátási láncok kihívásai

Az elektronikai ipar PPWR-követelményeknek való megfelelését a teljes ellátási lánc sajátosságainak figyelembevételével szükséges vizsgálni. Az elektronikai termékek jelentős része nem kizárólag az Európai Unió piacára készül, hanem globális beszállítói és értékesítési láncokon keresztül jut el a különböző földrajzi régiókba. Ebből következően az alkalmazott csomagolási rendszerek kialakítása során az európai szabályozási követelmények mellett az egyes célpiacokon érvényes műszaki előírásokat, szabványokat és vevőspecifikus követelményeket is figyelembe kell venni. Az ázsiai, ezen belül különösen a kínai piac esetében olyan további vevői specifikációk is megjelenhetnek, amelyek az ASTM- és ISTA-alapú csomagolásvalidáció követelményein túl további műszaki elvárásokat támasztanak a csomagolóanyagokkal és csomagolóeszközökkel szemben. A követelményrendszerek közötti eltérések következtében egy egységes, valamennyi vevő és célpiac esetében változtatás nélkül alkalmazható csomagolási rendszer kialakításának lehetősége korlátozott. Ennek eredményeként ugyanazon elektronikai termékhez több, egymástól részben vagy teljesen eltérő csomagolási megoldás kialakítása válhat szükségessé. Ez a csomagolásfejlesztési feladatok

mellett a beszerzési folyamatok, a csomagolóanyag-ellátás és a készletgazdálkodás összetettségét is növeli.

Az ellátási lánc sajátosságai az újrahasználható, többutas csomagolási rendszerek alkalmazhatóságát is jelentősen befolyásolják. Az ilyen rendszerek kialakítása nem kizárólag csomagolástechnikai vagy műszaki kérdés, mivel működtetésükhöz a csomagolóeszközök visszajuttatását biztosító logisztikai folyamatok kialakítása is szükséges. Ez különösen a nagy földrajzi távolságokat átfogó, például távol-keleti exportfolyamatok esetében jelenthet számottevő kihívást (3. ábra). A többutas csomagolási rendszer fenntartható működtetésének feltétele ezért a visszagyűjtési folyamatok megszervezése, a szükséges csomagolóeszköz-állomány rendelkezésre állásának biztosítása, a készletgazdálkodás összehangolása, valamint az egyes csomagolóeszközök megfelelő nyomon követhetősége. A PPWR által ösztönzött újrahasználat gyakorlati megvalósíthatóságát így a csomagolóeszköz műszaki kialakítása mellett az azt kiszolgáló logisztikai rendszer működőképessége is meghatározza. [1] [3] [4] [5]



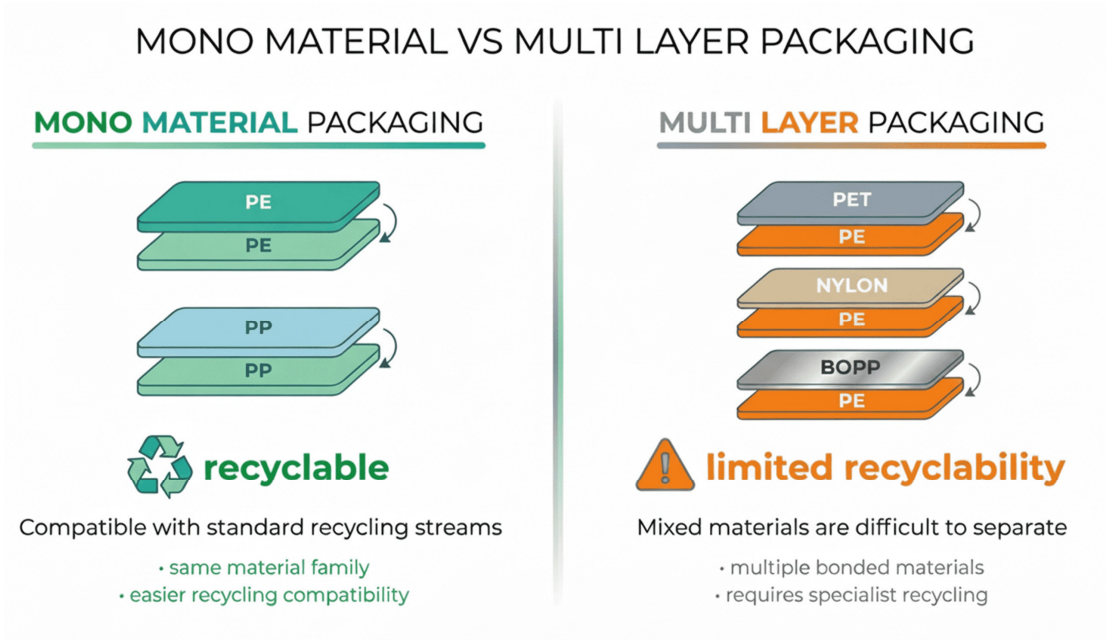
19. Ábra: A globális ellátási lánc főbb szereplői (forrás: https://www.frost.com/)

A fenntarthatósági és funkcionális követelmények összehangolása

Az elektronikai termékek csomagolásával szemben támasztott termékbiztonsági és funkcionális követelmények nem korlátozódnak kizárólag az ESD-védelem biztosítására. Egy konkrét ipari fejlesztési projekt során például a meghatározott műszaki és minőségi követelmények teljesítése a korábban alkalmazott egykomponensű anyagszerkezet módosítását tette szükségessé. Az alkalmazási körülmények és az elvárt funkcionális tulajdonságok alapján olyan többkomponensű anyagszerkezet kialakítására volt szükség, amely az egyes komponensek tulajdonságainak kombinálásával képes volt megfelelni a csomagolási rendszerrel szemben támasztott követelményeknek.

Az ipari alkalmazás példája rámutat arra, hogy a csomagolásfejlesztés során az anyagszerkezet kialakítását több, egymással összefüggő műszaki és termékbiztonsági szempont határozhatja meg. Ezzel párhuzamosan a PPWR által előtérbe helyezett újrafeldolgozhatósági szempontok

az egyanyagú, monomateriálos csomagolási megoldások alkalmazását ösztönzik. A két követelményrendszer azonban egyes alkalmazások esetében nehezen hangolható össze, mivel az anyagszerkezet egyszerűsítése olyan funkcionális tulajdonságok megváltozásával járhat, amelyek a termék megfelelő védelméhez szükségesek. A monomateriálos kialakítás ezért jelenleg nem minden csomagolási rendszer esetében valósítható meg anélkül, hogy annak egyes kritikus funkcionális jellemzői módosulnának vagy sérülnének. Az alábbi ábra (4. ábra) kitűnően ábrázolja a mono és multi layer szerkezetű csomagolóanyaok közötti különbséget reciklálhatóság szemponjából.



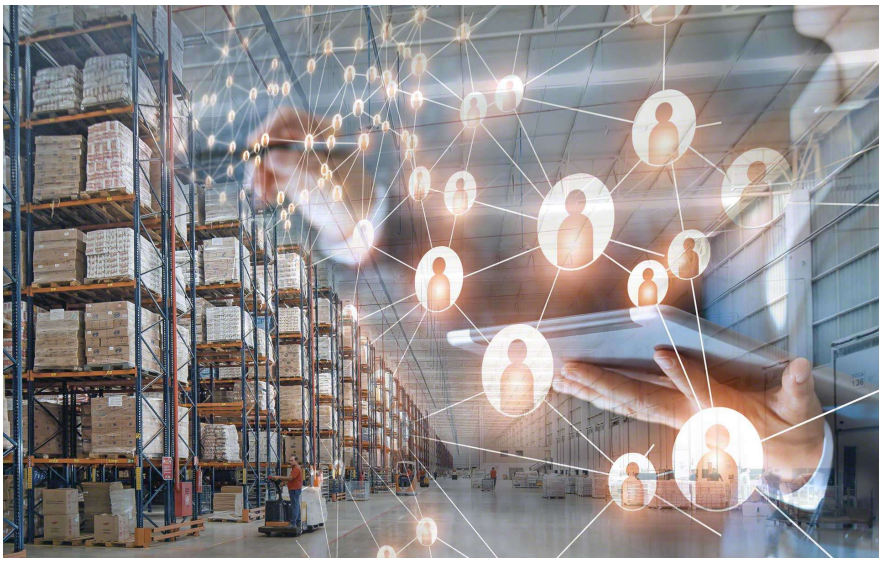
20. Ábra: Mono alapanyagok előnyei, és multi alapanyagok hátrányai (forrás: https://enrichpackage.com/mono-material-vs-*multi-layer-packaging-what-businesses-need-to-know/)*

A PPWR követelményei ebből a szempontból a csomagolásfejlesztési folyamatok további vizsgálatát és a korábban alkalmazott megoldások felülvizsgálatát teszik szükségessé. A termékbiztonsági, funkcionális és fenntarthatósági szempontok együttes érvényesítése olyan kutatás-fejlesztési feladatokat eredményezhet, amelyek során az anyagválasztás, az anyagszerkezet és a csomagolási rendszer kialakítása egyaránt vizsgálandó. A fejlesztések célja olyan csomagolási megoldások kialakítása lehet, amelyek a szükséges termékvédelmi és funkcionális tulajdonságok fenntartása mellett az újrafeldolgozhatósági és egyéb fenntarthatósági követelmények teljesítését is lehetővé teszik. [1]

Összegzés és kitekintés

Az elektronikai ipar PPWR-követelményeknek való megfelelésében az új és innovatív csomagolóanyagok fejlesztése mellett a logisztikai folyamatok kialakítása is meghatározó szerepet tölthet be. A körforgásos szemlélet gyakorlati megvalósítása ugyanis nem kizárólag az alkalmazott csomagolóanyagok tulajdonságaitól, hanem a teljes csomagolási és logisztikai rendszer működésétől függ. Különösen fontos szempont lehet olyan globálisan alkalmazható rendszerek kialakítása, amelyekben biztosítható a csomagolóeszközök megfelelő nyomon

követhetősége, visszagyűjtése, ismételt felhasználása és gazdaságos működtetése. Az elektronikai ipar sajátos termékbiztonsági követelményei miatt mindezt úgy szükséges megvalósítani, hogy a csomagolási rendszer a teljes ellátási lánc során továbbra is biztosítsa a megfelelő termékvédelmet és az ESD-biztonságot. A PPWR gyakorlati alkalmazásának egyik meghatározó kérdése ezért az lehet, hogy a termékbiztonsági és fenntarthatósági követelmények milyen módon integrálhatók olyan globális csomagolási és logisztikai rendszerekbe, amelyek műszaki, gazdasági és körforgásossági szempontból egyaránt hosszú távon működtethetők. Elengedhetetlen tehát, hogy a logisztikai rendszerek is használják az Ipar 4.0 adta összes olyan eszközt, mely ezt a jellegű fejlődést képes szolgálni (5. ábra).



21. Ábra: Smart raktár illusztrációja (forrás: https://www.interlakemecalux.com/blog/smart-warehouses)

HIVATKOZÁSOK

[1] Az Európai Parlament és a Tanács (EU) 2025/40 rendelete (2024. december 19.) a csomagolásról és a csomagolási hulladékról, az (EU) 2019/1020 rendelet és az (EU) 2019/904 irányelv módosításáról, valamint a 94/62/EK irányelv hatályon kívül helyezéséről. HL L, 2025/40, 2025.01.22.

[2] ANSI/ESD S541-2026: ESD Association Standard for the Protection of Electrostatic Discharge Susceptible Items – Packaging Materials. EOS/ESD Association, Inc., 2026.

[3] ASTM D4169-23e1: Standard Practice for Performance Testing of Shipping Containers and Systems. ASTM International, 2023 (editorial update: 2024). DOI: 10.1520/D4169-23E01.

[4] International Safe Transit Association (ISTA): ISTA Test Procedures and Projects, különösen a 3-Series General Simulation Performance Tests. ISTA.

[5] Huawei Technologies Co., Ltd.: DKBA 3381-2004.01 Packaging Design Guideline (包装设计规范). Huawei Technologies Co., Ltd., 2004.

HORVÁTH Bence
ÓE RKK Médiatechnológiai és Könnyűipari Intézet
Magyarország, 1036 Budapest, Doberdó út 6.
E-mail: bence.horvath@uni-obuda.hu

AZ ADAPTÍV RUHÁZAT FEJLESZTÉSÉNEK TERVEZÉSI ÉS KIVITELEZÉSI SZEMPONTJAI – HALLGATÓI PROJEKT BEMUTATÁSA

NAGYNÉ Dr. SZABÓ Orsolya, SZLOVICSÁK Zita Margit, KOLESZÁR András

Rejtő Sándor Könnyűipari és Környezetmérnöki Kar, Terméktervező Intézet

DOI: 10.12700/TMMK.2026.008

Kivonat: *A központi idegrendszeri sérüléssel élő fiatalok öltözködése számos ergonómiai, fiziológiai és pszichológiai akadályba ütközik. Az adaptív ruházat célja ezeknek a speciális szükségleteknek a kielégítése. A tanulmány egy hallgatói projekt eredményeit mutatja be, amelynek célja a Semmelweis Egyetem Pető András Kar Konduktív Gyakorló Szakiskolájának tanulói számára készült, multifunkcionális ünnepi öltözet fejlesztése volt. A kutatás kvalitatív igényfelméréseken, funkcióelemzésen, tervezési iterációkon és prototípus-tesztelésen alapult. A projekt bemutatja, hogy a design és az ergonómia szinergiája miként hozhat létre olyan ruházatot, amely egyszerre szolgálja a kényelmet, az önállóságot, az ünnepélyességet és az érzelmi kötődést.*

Kulcsszavak: *adaptív ruházat, konduktív pedagógia, ergonómia, funkcionális design, CP, felhasználóközpontú tervezés*

BEVEZETÉS

Az adaptív ruházat a design azon területe, ahol a tárgy és felhasználó viszonya különösen összetett. A tervező feladata nem csupán esztétikai minőség létrehozása, hanem olyan funkcionális megoldások kidolgozása, amelyek segítik a viselő hétköznapi önellátó tevékenységeit. A központi idegrendszeri sérüléssel (cerebrális parézis, spina bifida stb.) élő fiatalok öltözködési nehézségei egyszerre fizikai, koordinációs, érzékelési és pszichés eredetűek.

A Semmelweis Egyetem Pető András Gyakorló Általános Iskola és Szakiskola, Egységes Konduktív Pedagógiai Módszertani Intézményének és Kollégiumának (SE PA EKPMI) konduktív pedagógiai szemléletében különösen hangsúlyos az önállóság fejlesztése. Ebből fakadóan az ünnepi öltözet – bár ritkán használt ruhadarab – pedagógiai jelentőséggel is bír: alkalom arra, hogy a diákok megtapasztalják a méltóságteljes megjelenést és az önálló öltözködés sikerét.

A bemutatott hallgatói projekt célja a szakiskola tanulói számára olyan ünneplő ruha fejlesztése volt, amely egyszerre esztétikus, kényelmes, funkcionális és alkalmazkodik a viselők egyedi szükségleteihez. A projekt teljes folyamatot ölelt fel: igényfelmérést, tervezést, prototípus-készítést és visszacsatolást. A projekt készítéséhez a támogatást Nagyné Kijátz Edina konduktor nyújtotta.

A CÉLCSOPORT SAJÁTOSSÁGAI ÉS AZ ADAPTÍV RUHÁZAT TERVEZÉSI KIHÍVÁSAI

A célcsoport sajátosságai és az adaptív ruházat tervezési kihívásai

A CP és más idegrendszeri sérülések esetén a finommotorika, az egyensúly, a törzs- és végtagkontroll eltér a tipikus fejlődési mintáktól. A projektben részt vevő diákok számára az öltözködés nehézségei a következő területeken jelentek meg:

- Záródások kezelése: gomb, cipzár, patent sok esetben kétkezes, precíz mozdulatokat igényel.
- Ülő életmód: a medence elmozdulása, megváltozott testtartás miatt a hagyományos nadrágok hátul lecsúsznak.
- Izomtónus-problémák: spaszticitás, akaratlan mozgások nehezítik a belebújást.
- Szenzoros érzékenység: bizonyos anyagok kellemetlenek vagy irritálóak.
- Fokozott izzadás vagy lehűlés: fiziológiai okokból eltérő hőszabályozás.
- Shunt-műtét: mágneses záródások kerülése.

A tervezési folyamat első lépése ezért egy részletes feltárás volt a konduktorok és a tanulók bevonásával. (1. ábra) A gyerekek munkájának eredményei alapján világossá vált, hogy az adaptív ruházatnak nem csak funkcionálisan, hanem érzelmileg és pedagógiailag is támogatnia kell a viselőjét.



1. Ábra: Szlovicsák Zita Margit bevonja a diákokat az ötletgyűjtésbe

Nemzetközi és hazai kitekintés

A nemzetközi adaptív ruházat kínálata az utóbbi években bővült: mágneses gombolás, oldalnyílású nadrágok, rugalmas fürdőruhák, egykezes cipők stb. Magyarországon azonban

továbbra is szűk a választék; a fejlesztések gyakran egyedi megrendelésre készülnek, vagy dizájnintézmények projektjeiként jelennek meg.

A Pető Intézet tanulói számára készült ünnepi öltözet így úttörő jellegű hazai fejlesztésnek tekinthető, amely nem csupán funkcionális, hanem egységes arculati elemként is szolgál.

TERVEZÉSI ÉS KIVITELEZÉSI SZEMPONTOK – A HALLGATÓI PROJEKT BEMUTATÁSA

A hallgató a konzultációk alapján több mint húsz szempontot összegezve alkotta meg a követelményrendszert. A legfontosabbak:

1. Funkcionális követelmények
   - egykezesen kezelhető záródás (pl. MagZip),
   - könnyű belebújás: oldalhasíték, mély karöltő, bő szabás,
   - ülő és álló testhelyzethez igazított derékszabás,
   - stabil, mégis rugalmas anyag,
   - mély, könnyen hozzáférhető zsebek.
2. Ergonómiai követelmények
   - combközelítésből eredő deformitások takarása,
   - derék és csípőrész többletei,
   - a cipzárak és egyéb kemény elemek kerülése az érzékeny pontokon.
   - fiziológiai követelmények
   - jó nedvességáteresztő képesség,
   - kellemes bőrérzet,
   - természetes alapanyagok előnyben.
3. Esztétikai követelmények
   - ünnepélyesség, egyszerűség, elegancia,
   - az Intézet színszimbolikájának integrálása (Semmelweis-kék, CP-zöld).
   - pszichológiai követelmények
   - önbizalom erősítése
   - összetartozás érzésének növelése
   - méltóságteljes megjelenés

A TERVEZÉS FOLYAMATA: ÖTLETTŐL A PROTOTÍPUSIG

A projekt során tíz ruhaterv készült, 7 női és 3 férfi, melyekből három jutott prototípus-szintig (2. ábra)



2. Ábra: Tervek

Kiválasztott fiú öltözet

Fiú ünneplő: schiller galléros rövid ujjú ing, elöl MagZip záródással, amelyre nyakkendő takarás került, adaptív nadrág keresztben szabott hátrészi többlettel és kapaszkodópánttal.

A kiválasztott fiú öltözet

Fiú ünneplő: schiller galléros rövid ujjú ing, elöl MagZip záródással, amelyre nyakkendő takarás került, adaptív nadrág keresztben szabott hátrészi többlettel és kapaszkodópánttal (3. ábra).



3. Ábra: Fiú ünneplő ruha jellemzői

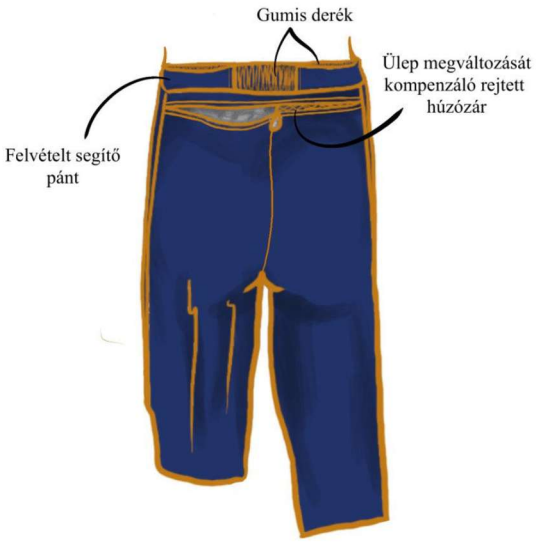
A kiválasztott lány öltözet

Lány ünneplő: oldalról nyíló, átlapolós blúz rugalmas hátrésszel, tulipán ingujj a méretkülönbségek kiegyenlítésére, nadrágszoknya vertcsipke díszítéssel, svéd zsebbel (4. ábra).





Átlapolt, oldalt nyitott megkötős blúz



4. Ábra: Lány ünneplő ruha

A kiválasztott konduktor öltözet

Konduktori öltözet: elegáns blúz bevont gombokkal, magasított, oldalt hasítékkal ellátott maxi szoknya, a diákok öltözetével harmonizáló arculati elemekkel (5. ábra).



5. Ábra: Konduktor öltözet

A prototípusok elkészítéséhez két modellre volt szükség, egy lány, és egy fiú modellt választottunk, valamint a konduktor hölgyet. A kislány tolószékes, a fiú nincs tolószékhez kötve. A ruhák szabásmintáinak kialakítását Morgan számítógépes gyártáselőkészítő rendszer alkalmazásával készítettük. [….] Mindannyiuk testalkata eltér a normál testalkattól, de a diákok méretvétele alapján meghatározott mérettáblázat segítségével, műszaki sorozatkészítéssel, és hosszirányú leigazítással mindenki számára viselhető ruházat készíthető. A ruhák tesztelése során a diákok és konduktorok aktív visszajelzést adtak.

A legjobban működő elemek a ruhákon:

- a MagZip valóban egykezes,
- a kapaszkodópánt nagy segítség felvételnél,
- a keresztben szabott hátrész kényelmes üléskor,
- a rugalmas blúzhát jó mozgásszabadságot biztosít, az átlapolós megoldás jól igazítható egyéni méretekhez.

A tesztelés egyúttal rávilágított azokra a részletekre is, amelyek korrekciót igényelnek (pl. karöltő mérete).

Az elkészült ruhák láthatók modelleken a 6. és mozgássérült diákokon a 7. ábrán.



6. Ábra: Az elkészült ünneplőruhák modelleken



7. Ábra: Az elkészült ruhák a mozgássérült diákokon

AZ ADAPTÍV RUHÁZAT HATÁSA – PEDAGÓGIAI ÉS FELHASZNÁLÓI TAPASZTALATOK

A fejlesztés során egyértelművé vált, hogy az adaptív ruházat nem csupán fizikai segítség, hanem:

- eszköz a nagyobb önállósághoz,
- a méltóságteljes megjelenéshez,
- az iskolai közösséghez tartozás élményének növeléséhez.

A projekt fontos tapasztalata, hogy a diákok kezdetben nem hitték el, hogy a ruhadarab hozzájuk alkalmazkodik – a design szerepe így pedagógiai értelemben is szimbolikus: visszaadja az irányítást a felhasználónak.

ÖSSZEFOGLALÁS

A projekt célja olyan ünnepi öltözet kialakítása volt, amely kifejezetten idegrendszeri sérüléssel élő diákok igényeihez igazodik. A tervező arra törekedett, hogy a kényelemi és funkcionális követelményeket harmonikusan egyesítse az ünnepélyességből fakadó esztétikai elvárásokkal. Kiemelt hangsúlyt kapott a fel- és levételt megkönnyítő technológiai megoldások feltárása, valamint azoknak az egyéni praktikáknak a beépítése, amelyeket a diákok a mindennapi öltözködés során alkalmaznak. A fejlesztés egyik alapvető kritériuma az univerzalitás volt, amelyet multifunkcionális kialakítással igyekezett biztosítani.

A kutatás során feltérképezte a diákok speciális nehézségeit, korlátozottságait, egyedi méreteit és deformitásait, valamint azt is, hogy a hazai piacon milyen korlátozottan érhetők el adaptív ruházati megoldások. A folyamat központi eleme volt a felhasználói bevonás: külön figyelmet szentelt annak, hogyan viszonyulnak a tanulók a projekthez, milyen mértékben működnek együtt, és miként élik meg azt a felismerést, hogy ezúttal nem nekik kell alkalmazkodniuk a ruhához, hanem a ruházat igazodik hozzájuk.

A közös konzultációk, az ötletelések és az intézet szimbolikus, vizuális elemeiből merített inspirációk nyomán a diákok érzelmi kapcsolatot tudtak kialakítani a készülő ünneplő öltözettel, magukénak érezhették az eredményt. Ennek a társadalmi kisebbségnek a felkarolása olyan adaptív ruházati fejlesztésekre is rávilágít, amely insirálhatja a tervezőket egy folyamatosan bővülő és rengeteg lehetőségt rejlő, társadalmilag is értékes kihívásra.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Ezúton szeretnénk kifejezni őszinte hálánkat és megbecsülésünket a Pető Intézet konduktorának, Zita külső konzulensének Nagyné Kijátz Edinának, akinek támogatása nélkülözhetetlen segítséget jelentett, és nagyban hozzájárult ahhoz, hogy a tervezési folyamat eredményes és inspiráló lehessen.

Köszönjük Szlovicsák Zita Margit kitartó, szorgalmas munkáját, nyitottságát és a segítő szándékot, amellyel dolgozata készítése közben minden helyzetben helyt állt.

HIVATKOZÁSOK

[1] J. Zalavári, A forma tervezése, Designökológia, Budapest: Scolar Kiadó, 2008.
[2] D. D. Koós, „Bevezetés a designelméletbe," 2018. [Online]. Available: https://elearning.uni-obuda.hu/main/pluginfile.php/659425/mod_resource/content/1/bevezetes_a_designelmeletbe_jegyzet.pdf.
[3] „A konduktív pedagógia," [Online]. Available: https://semmelweis.hu/peto-development/hu/rolunk/peto-modszer/.
[4] „Designisso," [Online]. Available: https://designisso.com/2019/07/21/mindig-hajtott-a-segiteni-akaras-interju-pazmany-lilivel-akadalymentes-oltozekeirol/.
[5] „Forbes," [Online]. Available: https://forbes.hu/legyel-jobb/divat-tervezo-kerekesszekesek/.
[6] „Semmelweis Egyetem arculati kézikönyv," július 2015. [Online]. Available: https://semmelweis.hu/jogigfoig/files/2015/09/15_mell_SE_arculati_kezikonyv_20150910.pdf.
[7] „Liberare," [Online]. Available: https://liberare.co/.
[8] A. Kelemen és Pető Intézet Alapítvány, „CEREBRÁLIS PARÉZIS=CP," [Online]. Available: https://petointezet.hu/.
[9] „Interjú Pázmány Lilivel akadálymentes öltözékeiről," 2019. 07. 21. július 2019. [Online]. Available: https://designisso.com/2019/07/21/mindig-hajtott-a-segiteni-akaras-interju-pazmany-lilivel-akadalymentes-oltozekeirol/.
[10] „Wowease," 2020. [Online]. Available: https://www.wowease.com/pages/about-us.
[11] D. Donaldson és B. Price, „Billy Footwear," [Online]. Available: https://billyfootwear.com/.
[12] O. Nagy Szabo and A. Koleszar, "INNOVATIVE COST REDUCTION IN GARMENT INDUSTRY WITH MORGAN TECNICA SYSTEM," in In: Borbély, Ákos (eds.) Proceedings of the International Joint Conference on Environmental and Light Industry, Budapest, Óbudai Egyetem, 2015, pp. 207-213.
[13] „Women's Excursion Peach," [Online]. Available: https://friendlyshoes.com/adaptive-footwear-shop/single-shoe-womens-excursion-peach.

Szerzők:

NAGYNÉ Dr. SZABÓ Orsolya
Óbudai Egyetem, Rejtő Sándor Könnyűipari és Környezetmérnöki Kar, Terméktervező Intézet
Magyarország, 1034 Budapest, Doberdó út 6.
Telefon: +(36) (1) 666 5935 E-mail: szabo.orsolya@uni-obuda.hu

Szlovicsák Zita Margit

E-mail: szlovizita@gmail.com

KOLESZÁR András
Óbudai Egyetem, Rejtő Sándor Könnyűipari és Környezetmérnöki Kar, Terméktervező Intézet
Magyarország, 1034 Budapest, Doberdó út 6.
Telefon: +(36) (1) 666 5935 E-mail: koleszar.andras@uni-obuda.hu

A TERMÉSZETTUDOMÁNYOS SZEMINÁRIUMI DIÁKKÖR (TESZED) 2023/2-ES PROGRAMJÁBAN FELDOLGOZOTT TÉMÁK

Dr. CSISZÉR Tamás, ÁDÁM Balázs Zoltán, FEHÉRVÁRI Péter Bálint, GYETVÁN Réka Gitta, GYŐRI Kinga, HERENDI Veronika Anita, HORVÁTH Emese Ágnes, MENYHÁRT Bendegúz, MOLNÁR Dorottya, PAPP János, PIHELEVICS Emília, SZEBERÉNYI Péter, SZIRÁKI Boglárka, VARGA Izabella, VARGA Melinda
Rejtő Sándor Könnyűipari és Környezetmérnöki Kar

DOI: 10.12700/TMMK.2026.009

Kivonat: *A dolgozat a Természettudományos Szemináriumi Diákkör (TESZED) első, 2023/2-es félévében a hallgatók által feldolgozott és előadott témakörök rövid összefoglalását mutatja be. Elsőként a Balatonnal kapcsolatos néhány aktuális környezetvédelmi kérdés kerül tárgyalásra, kiemelve a partmenti nádas pusztulását, az eutrofizációt, valamint a tó iszapjának a feldolgozását. Az akkumulátorgyártás kockázatai közül többek között a veszélyes hulladékok keletkezésével, a nehézfémek és a vegyi anyagok természetbe jutásával, a zajszennyezéssel, valamint a víz- és talajszennyezéssel kapcsolatosak kerülnek tárgyalásra. További külön fejezetekben foglalkozunk a színekkel és színezékekkel, a kémiai arcbőrhámlasztással, az Aral-tó kiszáradásával, az atomenergia előállításával és felhasználásával, a 3D nyomtatással, a gumihulladékok újrahasznosításával, a korrózióval, a mikroműanyagokkal, a génmódosítással, a szintetikus kannabinoidokkal és a vegyi fegyverekkel.*

BEVEZETÉS

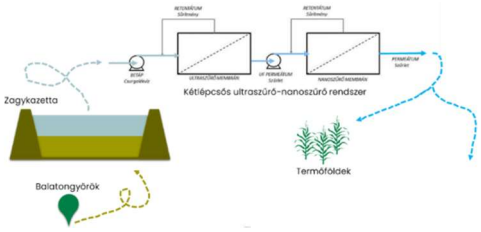
Jelen dolgozat az Óbudai Egyetem Rejtő Sándor Könnyűipari és Környezetmérnöki Karán működő Integrált Tudományok Szakkollégiuma keretén belül elindított Természettudományos Szemináriumi Diákkör (TESZED) első, 2023/2-es félévében a hallgatók által választott, feldolgozott és előadott témakörök rövid kivonatát mutatja be. A fejezetek tartalmának elsőszámú forrásai a hallgatók által előadott prezentációk, illetve az ez alapján készített írásos összefoglalók, ezért a címeknél ezek kerültek megjelölésre. Ahol rendelkezésre állt az eredeti forrásra való hivatkozás is, ott ezt a kapcsolódó szövegrésznél adtuk meg. A széles szerzőgárda által készített írások szerkesztett változatait tartalmazó szöveg tartalmi és stilisztikai heterogenitása szándékolt, amely érzékeltetni kívánja a forrásanyagokban fellelhető változatosságot. Ugyanakkor igyekeztünk úgy bemutatni a témákat, hogy az olvasó többé-kevésbé egységes módon kapjon betekintést azok sokszínűségébe, felépítésébe és mélységébe.

A BALATONNAL KAPCSOLATOS NÉHÁNY KÖRNYEZETVÉDELMI KÉRDÉS [1]

Napjainkban a környezetünk védelme és a természeti értékeink megóvása az egyik legfontosabb feladatunk. Ezen belül is kiemelt fontosságú a felszíni vizeink természetes állapotának megőrzése és elmocsarasodásuk meggátlása. Magyarország legnagyobb kiterjedésű tava, a Balaton, az utóbbi időben nem csak turisztikai szempontból kap nagy figyelmet, hanem a fokozatosan romló állapota miatt is. Nem csupán a helyi fesztiválok okozta fény-, hang- és környezetszennyezés okoz problémát, hanem a különböző beruházások hatásai, és az ismét egyre gyakoribbá váló algavirágzás is. A tó körbe betonozásának és a megépített partvédőműveknek köszönhetően a tó öntisztulása ellehetetlenedett, ami hulladék felhalmozódást eredményezett. A munkálatok elvégzéséhez egyre nagyobb számban van szükség a part menti nádasok felszámolására, de az évek alatt a magánszemélyek is végeztek számtalan alkalommal engedély nélküli nádirtást. A tó partközeli sekélyebb medrét feltöltötték, ezzel is terhelve a környezetet. A közelmúltban 470 illegális stéget is találtak a part mentén.

A globális felmelegedés okozta egyre magasabb hőmérséklet, valamint a szennyezés (a nádirtás után az iszapban “felejtett” szerves hulladék, a műtrágyák és az emberi szennyvíz) mind serkentő hatással hatnak a vízvirágzásra: az állóvizekben található foszfor és nitrogén mennyiségének köszönhetően a tápanyag feldúsul, ezzel előidézve az algák, a gyökerező hínár és a mocsári növények túlzott elszaporodását. Ezt a folyamatot nevezzük eutrofizációnak. Az algák megjelenése több negatív hatást is gyakorol az élővilágra: elzárja a fény útját, ami így nem jut a víz alsó rétegeiben élő növényekhez és állatokhoz, illetve az általuk termelt algatoxinok kiütést, lázat, máj- és vesekárosodást okozhatnak.

A problémák legalább részleges kezelésére a víz minőségét gyakrabban kellene ellenőrizni, hiszen a jelenlegi gyakorlat szerinti havi egy alkalom nem elégséges. Ezen vizsgálat eredményei alapján megmondható, hogy mikor van szükség iszapkotrásra. A kikotort iszapot jelenleg Balatongyörökre szállítják, ahol zagykazettákban tárolják. Ezzel a „hulladékkal” egyelőre nem foglalkoznak, csak tárolják, ezzel is terhelve a környezetet, valamint kiaknázatlanul hagyva egy kínálkozó lehetőséget, amely a zagy tápanyagtartalmának felhasználásához kapcsolódik. A Balaton vízminőségének javítása és az iszap tárolásból származó nagymértékű környezetterhelés mérséklésének céljából szükséges egy olyan komplex technológia megalkotása, amely nem csak a kikotort üledék mennyiségét csökkentheti, hanem a Balaton vizének kémiai és mikrobiológiai összetételét is javítani tudja. Az iszap alapos tisztítás, illetve hígítást követően a mezőgazdaságban talajjavító funkciót tölthetne be, csökkentve ezzel a műtrágya használatot. Az ülepedő iszap felett keletkező csurgalékvizet a mezőgazdaságban fel tudnák használni öntözővízként (1. ábra). Ennek ivóvíz szintű tisztasága kiemelten fontos, mert a növények elraktározzák magukban a felvett tápanyagokat. Például, ha magas lenne a tisztított csurgalékvíz nitrát tartalma, és ez a nitrátot raktározó zöldségek elfogyasztásával a csecsemők szervezetébe kerülne, akkor methemoglobinémiát, vagy más nevén kék csecsemő szindrómát okozna.



1. Ábra: Balatoni üledékből keletkező csurgalékvíz tisztítási folyamata és lehetséges felhasználása. Forrás: [1]

AZ AKKUMULÁTOR GYÁRTÁS KOCKÁZATAI [2][3]

Az akkumulátorgyártásnak számos környezeti kockázata ismert. A legjelentősebbek a veszélyes hulladékok keletkezésével, a nehézfémek és a vegyi anyagok természetbe jutásával, a zajszennyezéssel, valamint a víz- és talajszennyezéssel kapcsolatosak.

Az akkumulátorgyártás során jelentős mennyiségben használnak lítiumot, nikkelt és ólmot, valamint az n-metil-2-pirrolidon (NMP) nevű szerves oldószert [4]. Az ötvöző anyagként alkalmazott nikkel növényekben károsodást okozhat, gátolja az algák növekedését, míg az állatok szervezetében rákos megbetegedéseket eredményezhet. Ólom mérgezés esetén fejlődési rendellenességek, perifériás idegbénulás, személyiségváltozás és más rendkívül veszélyes tünetek léphetnek fel. Az NMP rendkívül illékony, irritáló hatású vegyület, amely károsan hathat a humán reprodukcióra is [5]. Az akkumulátorokban lévő veszélyes anyagok miatt a gyártók kötelesek visszagyűjteni és feldolgozni azokat. Egyes típusokat egy átlagos háztartásban is ártalmatlanítani lehet. Példa erre az ún. LiPo cella, amelyet tűzálló tálban lévő sós vizes oldatban kell áztatni két hétig. Ezt követően papírba csomagolva hulladéktárólóban is elhelyezhető. A legtöbb akkumulátor típust újra lehet hasznosítani, de nem egyforma mértékben. Az ólomsavas akkumulátorok újrahasznosítása hozzávetőlegesen 90%-os hatásfokkal lehetséges. A legkevésbe jól hasznosítható a lítium-ionos, hiszen noha elméletben lehetséges, a gyakorlati kivitelezése rendkívül bonyolult folyamat.

Az akkumulátorgyártással kapcsolatos döntések meghozatala esetén – a fentieken túl – figyelembe kell venni a nyersanyagok bányászásával, az energia- és vízigény biztosításával, a légszennyezéssel és a tűz- és balesetvédelmi kockázatokkal kapcsolatos szempontokat is [6]. Egy tonna lítium kitermelése során közel 2 millió liter vizet használnak fel [7]. A technológia aszályhoz vezethet egy eleve vízhiányos területen. Már a bányászat során rengeteg vegyi anyag felhasználása történik, amik belekerülhetnek a vizekbe és a talajba. A CATL debreceni akkumulátorgyára 45 nap alatt annyi vizet használ fel, amennyit 2022-ben a Velencei-tóba kellett visszapumpálni. Ez körülbelül 900 ezer köbméter vizet jelent [8]. A Li-ion akkumulátorok súlyos meghibásodása olyan mértékű hőtermeléshez vezethet, ami egy úgynevezett hőmegfutást okoz. Ennek során rendkívül heves égés zajlik le egy vagy több cellában, amely az akkumulátorból kitörő szúrólánggal, mérgező és gyúlékony gázok kibocsátásával és intenzív önfenntartó égéssel jár, melyet csak nagyon nehezen lehet

megfékezni [9]. Becslések alapján hazánkban a gyártókapacitás a jelenlegi csaknem 10-szeresére, az éves akkumulátorgyártási kapacitás akár 250 GWh-ra is növekedhet 2030-ra. Ekkora akkumulátorgyártó kapacitás teljes éves energiaigénye akár 15-16 TWh-t is elérhet, ami nagyságrendjében megfelel a paksi atomerőmű termelésének [10].

A TERMÉSZET MŰHELYE: SZÍNEK ÉS SZINEZÉKEK [11]

A színek érzékelése, mint alapfunkció, segít az információ befogadásában, pontosításában, feldolgozásban, rögzítésében. A színek elkülönítenek, kiemelnek, figyelmet vonnak el és keltenek, fókuszálnak, érzelmeket váltanak ki. Tudat alatt hatnak ránk (2. ábra). A szín – a legegyszerűbb megfogalmazásban – egy inger által keltett hullám természetű észlelet. A fény különböző hullámhosszai, amelyet a környezet/tárgy/élőlény/közeg vagy elnyel, vagy visszaver. A visszavert hullámok behatolnak a szembe, a retinán ingereket keltenek, amelyek eljutnak az agyba, amely ezeket színként azonosítja. Színeket alapvetően fény által megvilágított környezetben érzékelhetünk. A fény számunkra látható spektrumai közül szemünk csupán a kék, a zöld és a vörös tartományt képes megkülönböztetni. Ezekből állnak össze tehát a színek, akár a képernyő pixelei. Szemünkben a megvilágítás erősségétől függően lépnek működésbe a csapok és a pálcikák, a félhomály, és a világosság urai.



2. Ábra: Színpszichológia. Forrás: [11]

Az előadásban érintésre került, hogy mit lát az emberi szem és a különböző állatok szeme [12], miben más az érzékelése egy sasnak [13], egy méhnek [14], vagy akár egy sáskaráknak. Megtudhattuk, hogy a kék szín az egyik legritkább szín az élővilágban [15]. Bepillantást nyerhettek a hallgatók abba, hogy mit jelent a gyakorlatban a tri- és tetrakromácia [16], a színtévesztés és a színvakság [17], valamint ezek nemhez kötöttsége, mit nevezünk összeadó és kivonó színkeverésnek [18], melyiket mikor használjuk, milyen érzelmeket váltanak ki belőlünk a színek [19] [20], és mindezt hogyan fordíthatjuk a javunkra, ha figyelmet szentelünk rá. Megismertük, hogyan honnan származtak és fejlődtek a színezékek [21], mit használtunk a múltban és használunk napjainkban is. Említésre került a színek gyűjteménye (Harvard Egyetem, Forbes Pigment Collection) [22] és létrehozója Edward Forbes, valamint az is, hogy mit jelölnek az E-számok [23], és hogy mikor és mi célból kerültek bevezetésre.

KÉMIAI ARCBŐRHÁMLASZTÁS [24]

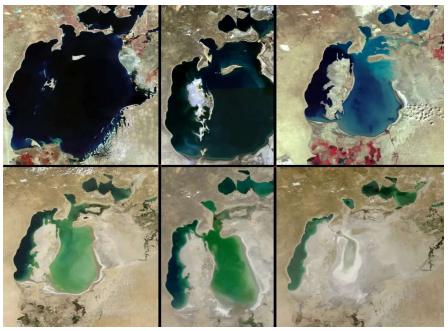
A bőr 28 naponta megújul, ez a folyamat azonban idősebb korban fokozatosan lassul. A hámlasztók rendszeres használata elősegíti a hámréteg leválását, eltünteti a pigment foltokat, lassítja az öregedést, segít a mitesszerek és pattanások kezelésében, eltüntetésében és összességében felgyorsítja a bőr regenerálódását.

A kémiai arcbőrhámlasztás hallatán sokan megijednek, mert tulajdonképp savakat kenünk az arcunkra, annak érdekében, hogy az elhalt hámsejteket lehámlasszuk. Ez az eljárás azonban teljesen biztonságos, szemben a fizikai arcbőrhámlasztással. A fizikai hámlasztók kis szemcséket tartalmaznak, amelyek ledörzsölik az elhalt hámsejteket, de ezzel egyidejűleg bele tudnak kapni az alatta lévő, még ép bőrrétegbe is, ahol mikrosérüléseket okoznak. A kémiai hámlasztók ezzel szemben egységesen hámlasztanak, egységes bőrfelületet hagyva maguk után.

A kémiai hámlasztóknak három típusát különböztetjük meg: AHA (Alpha hydroxy acid)-savak, PHA (Polyhydroxy acid)-savak, BHA (Beta hydroxy acid)-sav. Az AHA és PHA savak vízben oldódnak, ezért ezek inkább a bőrfelszínen dolgoznak és a bőrmegújulást segítik elő, míg a BHA-sav zsírban oldódik, ezért sokkal mélyebben tud hatni, ezért a mitesszerek és pattanások kezelésében van jelentősége, a faggyútermelést normalizálja. Az AHA-savakról tudunk a legtöbbet, ezeket tesztelik a legrégebb óta. Az első típusa a glikolsav. Az AHA hámlasztók közül ez a legerősebb, a kollagén termelést segíti elő, ezért az anti-ageing rutin egyik alappillére. A második típus a tejsav, ami egy picit gyengébb, így érzékenyebb bőrűek is biztonságosan tudják alkalmazni. Jól köti a vizet, ezért a hidratációban is tud segíteni. A harmadik típus a mandulasav, amely a leggyengébb AHA-sav, viszont nagyon jó antibakteriális szer. Az AHA-savak fényérzékennyé tesznek, ezért alkalmazásuk mellett kötelező fényvédőt használni. A PHA-savak tulajdonképp újgenerációs AHA-savak, csak sokkal gyengébbek. A BHA-sav, más néven szalicilsav gyengéden hámlaszt, a pórusok mélyében fejti ki hatását. Zsíroldó, mitesszereltávolító szer, valamint kiváló gyulladáscsökkentő. Az AHA-savakkal ellentétben nem okoz fényérzékenységet, de ettől függetlenül fényvédő alkalmazása ajánlott.

AZ ARAL-TÓ KISZÁRADÁSA [25]

Az Aral-tó valaha a Szovjetunió területén, manapság Kazahasztán és Üzbegisztán határán fellelhető állóvíz, amely 2004-re elvesztette korábbi területének 75%-át (3. ábra). Tápláló folyói délről az Amu-darja, keletről a Szir-darja. Kiszáradásának legfőbb oka, hogy rizs- és gyapotültetvényeket telepítettek a sivatagba, amelyeket a tó vízével öntöztek, illetve az elvezetés során a csatornákon át is távozott folyadék. Kiszáradását követően szennyező anyagok maradtak a medrében, amelyek károsak voltak a helyiek egészségére. Koncentrálódott sók, és egyéb anyagok rakódtak le, melyek a szél segítségével más területekre is eljutottak. Veszélyes vegyi anyagok és szerves bomlástermékek is felhalmozódtak, amelyek együttesen talajszennyezést, vízminőség romlást és egészségügyi problémákat okoztak.



3. Ábra: Az Aral-tó méretének változása 1977 és 2017 között. Forrás: NASA

Napjainkra is kihatással van ennek a tónak az elvesztése, ugyanis jelentős szerepet játszott a hőszabályozásban. Ahogy csökkent a mérete, úgy lettek egyre szárazabbak és forróbbak a nyarak, egyre hidegebbek a telek, az északi nyitottság miatt pedig rendszeresek a viharok. Azok a kisebb folyók is zsugorodnak a homokviharok miatt, melyek az Aral-tóból táplálkoztak. 2023. márciusban már hazánkba is elért a mederből származó sóval telített por. A sós por csökkenti a jég olvadáspontját, mellyel hozzájárul az általános globális felmelegedéshez. Van esély azonban a tó újraélesztésére. A Világbank és Kazahasztán együttműködésével 85 millió dollárból felépített Kokaral-gát változást hozott 2001 és 2005 között. A Szir-darja vizének egy részét vezetik ezzel át a kiszáradt tó medrébe. Ennek köszönhetően az északi medence vízszintje 1 év alatt 2 métert emelkedett, a felülete18%-kal nőtt, sótartalma pedig a felére csökkent.

ATOMENERGIA [26]

A Paksi Atomerőmű négy üzemelő blokkjában VVER-440/213 típusú nyomottvizes reaktorok működnek. Egy reaktor aktív zónájában összesen 349 kazetta található, ezek közül 312 üzemanyag-kazetta, míg 37 darab szabályozó- és biztonságvédelmi funkciót ellátó kazetta. A 37 abszorbensrudas kazettából 30 biztonságvédelmi, 7 pedig teljesítményszabályozási célokat szolgál. Az üzemanyag urán-dioxid (UO_2), amelyet kis méretű, henger alakú pasztillák formájában helyeznek el a fűtőelemekben. Az urán természetes és mesterségesen dúsított izotópokat tartalmaz, amelyek közül az U-235 izotóp felelős a fenntartható láncreakcióért. Az aktív zónában található üzemanyag tömege megközelítőleg 42 tonna.

Az energiatermelés alapja az urán-235 atommagok hasadása. A folyamat során egy neutron elnyelődik az uránmagban, amely instabillá válik, majd két kisebb tömegű hasadási termékre esik szét. A maghasadás során átlagosan 2-3 új neutron és jelentős mennyiségű energia szabadul fel. Az újonnan keletkező neutronok további uránmagokat hasíthatnak, így létrejön az önfenntartó láncreakció. Egyetlen U-235 atommag hasadása során átlagosan mintegy 200 MeV energia szabadul fel. Az energia döntő része a hasadási termékek mozgási energiájaként jelenik meg, amely az anyaggal való ütközések során hővé alakul.

A keletkező hőt a primer körben keringő víz szállítja el. A primerköri víz körülbelül 123 bar nyomás alatt áll, ezért a közel 300 °C-os hőmérséklet ellenére sem forr fel. A reaktorból kilépő

víz hőmérséklete hozzávetőleg 297 °C, majd a gőzfejlesztőben hőt ad át a szekunder kör vizének, miközben hőmérséklete mintegy 266-267 °C-ra csökken.

A primer és a szekunder kör fizikailag el van választva egymástól. A gőzfejlesztőben a primer kör forró vize hőcserélő csöveken keresztül melegíti fel a szekunder kör vizét, amely körülbelül 46 bar nyomáson és 260 °C hőmérsékleten gőzzé alakul. A keletkező gőz a turbinákra áramlik, forgásba hozza azok lapátjait, majd a turbinák tengelyére kapcsolt generátorok villamos energiát termelnek. A lehűlt primerköri víz ezután visszakerül a reaktorba, ahol ismét felmelegszik az aktív zónában zajló maghasadási folyamatok következtében. Az aktív zóna magassága megközelítőleg 2,5 méter.

A négy paksi blokk együttes villamos teljesítménye jelenleg 2026,6 MW, míg egy-egy blokk reaktorának hőteljesítménye 1485 MW. A villamos teljesítmény a hálózatba táplált elektromos energia termelési képességét jelenti, míg a hőteljesítmény a reaktorban felszabaduló hőenergiára vonatkozik.

A reaktor teljesítményének szabályozását és biztonságos üzemeltetését neutronelnyelő anyagokat tartalmazó szabályozó- és biztonságvédelmi rudak biztosítják. Rendellenes üzemállapot vagy vészhelyzet esetén ezek a rudak automatikusan az aktív zónába süllyednek, és körülbelül 12-13 másodperc alatt megszüntetik az önfenntartó láncreakciót, ezáltal leállítják a reaktort.

A modern atomerőművek biztonságát többszörös, egymástól független műszaki és szervezeti védelmi rendszerek garantálják. Az automatizált biztonsági rendszerek folyamatosan figyelik a legfontosabb technológiai paramétereket, és szükség esetén automatikus beavatkozással biztosítják a reaktor biztonságos állapotba helyezését.

3D NYOMTATÁS [27]

Az iparban nagy jelentősége van a 3D nyomtatásnak a termékek fejlesztésében, a vizualizációban és a tervezési folyamatokban, az egyenes és a fordított tervezési fázisokban. A rövid idejű próbadarab készítés, a tervezési fázisok gyakorlatias hibakeresési módszere, sokat segít a munkafolyamatok egyszerűsítésében. A problémakeresés egy olyan új fázisba terelődik bele, ahol a tervezési idő és a hibák kiküszöbölése kulcsfontosságú. Nyomtatott próbadarabokkal, a kész termék előtt, egyszerűbb és összetettebb hibakeresési módszerek alkalmazhatóak.

A 3D technológia alkalmazása során számos probléma adódhat: nem tapad le az asztalra, két réteg nem tapad egymáshoz, alulextrudálás, túlextrudálás, túl hideg, vagy túl gyors a hűlés, túl meleg vagy túl lassú a hűlés, a felülte nem egyenletes, elakad a filament, a szennyeződéstől eldugul a nozzle, vibráció, szint csuszás, kicsi részletek kimaradnak, mérethiba, gyenge hidalás stb. Az ilyen jellegű problémákat sokszor egy rosszul beállított nyomtató vagy nem konzisztens környezet, rossz modell és figyelmetlen szeletelés okozza. A nyomtatási hibák kiküszöbölése után és a viszonylagosan kevés (5-15%) hulladékkal való gazdálkodás a prototípus fázisban segít megérteni a “műanyag problémát” és megkönnyíti az ezzel kapcsolatos megoldások

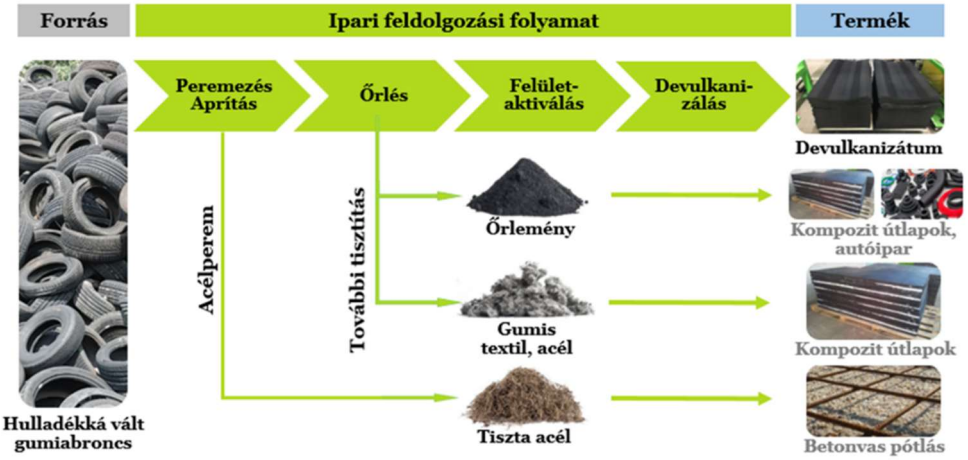
kezelését. A technológia forradalmasítja a gyártási folyamatokat és könnyíti az egyedi termékek létrehozását, ugyanakkor kihívásokat is jelent a környezetre gyakorolt hatása. Ahogy említettük, a létrehozott termék mellett kevés gyártási hulladék is keletkezik, részben az alátámasztás miatt, illetve nagyobb termékek esetén a kisebb próbadarabok tesztelése, vagy precíz méretre gyártás miatti tűréshibákat tartalmazó „hibás" munkadarabok miatt. A szelektív gyűjtés és szeparált nyomtatás fontos szempont a környezettudatos termelés szempontjából. Sok piaci nyomtató szőnyeg alá söpörte a különböző típusú műanyagok felhasználási módját. A probléma ezzel az, hogy amikor anyagtípust váltunk, nem tudjuk 100%-ig tisztára üríteni a rendszert. A látvány nyomtatásban, ha egy típusú anyagot több különböző színben nyomtatunk, akkor minden egyes színváltásnál rengeteg felesleget termelünk, annak érdekében, hogy jobb vizualizációt érjünk el. Egy másik felmerülő probléma akkor jelentkezik, amikor két különböző anyagot nyomtatunk egy munkadarabban a jobb alátámasztási rendszer érdekében, vagy az elszeparáltság, jobb mechanikai vagy kémiai hatások miatt. Vannak próbálkozások nagy gyártóktól, hogy külön fejet vagy dual-fejet alkalmaznak a minimális keveredés érdekében, de a szelektálást a felhasználóra bízzák.

A jövőben számos változás várható a technológia alkalmazásában. A kutatások és fejlesztések révén fejlettebb újrahasznosított műanyagok jelenhetnek meg, amelyek közelebb állnak az eredeti anyagok minőségéhez és tulajdonságaihoz. A szabványosítás és szabályozás előrelépése lehetővé teheti az egységes minőségi és biztonsági szabványok kialakítását, elősegítve a 3D-nyomtatott termékek elfogadását és elterjedését. Ahogy az újrahasznosítási technológiák olcsóbbá és hatékonyabbá válnak, a 3D-nyomtatás műanyag újrahasznosítása gazdaságosabbá válhat, és tovább növelheti a gyakorlat fenntarthatóságát. A 3D-nyomtatás és újrahasznosítás egyesítése kreatív lehetőségeket kínál az egyedi és fenntartható tervezés terén. Az ilyen megközelítés előmozdíthatja a 3D-nyomtatásban és a designban való innovációt. Az egyre növekvő környezeti tudatosság és az érdeklődés a fenntarthatóság iránt ösztönözheti a vállalatokat és fogyasztókat a 3D-nyomtatás műanyag újrahasznosításának szélesebb körű elfogadására.

GUMIHULLADÉK ÚJRAHASZNOSÍTÁSA [28]

A felhalmozódó gumihulladék mennyisége komoly globális probléma, melyre még nincs olyan megoldás, ami 100%-ban képes anyagában újrahasznosítani, újrahasználatra, termékgyártásra azt előkészíteni. Az európai gumigyárak becsült éves termelése 11 millió tonna új gumiabroncsra tehető, azonban a műszaki gumiból készült termékekkel kiegészítve ez a mennyiség már háromszor annyi, amelyet tovább növel a gyártásközi, termelésből származó, illetve a használatból eredő hulladék. Sajnálatos módon a hulladék hasznosítása helyett jelentős mennyiségű gumi kerül a lerakókba. Az Európai Unióban 2003-tól tilos a gumiabroncsok lerakóban történő elhelyezése. Az illegálisan lerakott gumiabroncs becsült mennyisége Európában évente 300.000 tonna. Magyarországon jelenleg több, mint 200.000 tonna gumiabroncs van engedéllyel nem rendelkező tárolóhelyeken, mely több év „termése". Európa teljes keletkezett gumiabroncs hulladék mennyisége 2019-ben 3 450 000 tonna volt az ETRMA jelentése szerint [29]. A lerakás növeli az előforduló tűzesetek kockázatát.

Jelentős problémát jelent a magas kaucsuk igény, amely termék-, érték- és ellátási-láncának az utóbbi években olyan különböző kihívásokkal kellett szembenéznie, mint például a növénybetegségek, a kedvezőtlen gazdasági környezet vagy a háborús konfliktusok. A jelenleg többségben alkalmazott újrahasznosítási technológiák a magas CO_2 kibocsátás és energiafelhasználás, valamint a rossz minőség miatt nem képesek arra, hogy a kaucsuk kiváltására, pótlására alkalmas újrahasznosított alapanyagot állítsanak elő. Az utóbbi 15 évben megjelent a szén-dioxidot alkalmazó devulkanizációs eljárás. A gumi devulkanizálás egy olyan folyamat, amelyben a vulkanizálás során létrejövő poli-, di- és monoszulfid kötések teljesen vagy részben felszakadnak. A sikeres devulkanizálás végrehajtása nagy kihívás, hiszen a kén-kén (S-S) és a szén-kén (C-S) kötések felszakítását kell megoldani kétcsigás extrúderrel, szén-dioxid-befecskendezéssel. A szuperkritikus szén-dioxiddal bontott devulkanizátumot használják a gumiabroncs gyártásnál, újrafutózásnál, ipari gumigyártásnál, útépítésnél és még számtalan iparágban. A közel 100%-ban újrahasznosítható gumi alapkeverék alkalmas a kaucsuk kiváltására. Kitűnő minőségű devulkanizátum gyártható a gumiabroncs gyártásnál képződő termelési selejtből, gyártásközi hulladékból, továbbá elhasználódott, tiszta, válogatott gumiabroncs hulladékból, ezáltal a folyamatos alapanyagellátás biztosított. Ennek megfelelően a technológia által biztosítható a fenntartható, körforgásos gazdaság koncepciója, a klímavédelem, a szénlábnyom csökkentés (5. ábra).



4. Ábra: A gumihulladék újrahasznosításának folyamata. Forrás: Rubber Solutions Kft.

KORRÓZIÓ AZ ÉPÜLETGÉPÉSZETBEN [30]

A korrózió a fémek felületéről a környezet hatására kiinduló kémiai elváltozás, amely a fémtárgy pusztulásához vezet. A korrózió hatására a fémek a környezetből felvett anyagokkal oxidokká, hidroxidokká, szulfidokká, illetve karbonátokká alakulnak. Mindez azért következik be, mert a megmunkált anyag nem az energetikailag legkedvezőbb állapotában van. Ez a természetes, korróziós folyamat mindenkit érint, gondoljunk a közvetett hatásra, amikor nincs víz a házban egy csőtörés miatt, de a javítást is mi fizetjük, hiszen a vízmű a számlára terheli a javítási költségeket is. A javításhoz felhasznált energia és alapanyag mind a környezetünket terheli. Ipari balesetek a világ minden táján fordultak elő, ahol emberek ezrei sérültek vagy haltak meg a meggyengült anyag miatt. Ezért szükséges a korrózióról beszélni és tenni ellene.

A négy leggyakoribb korrózió típus az épületgépészetben a kémiai, fizikai, elektrokémiai és biokémiai korrózió. A kémiai korrózió a fémeknek a környezetükben található más anyagokkal történő vegyi reakciója, amelynek következtében a fémek valamilyen vegyületté alakulnak, vagy a felületük feloldódik. Ilyen például, ha a fém felülete savas közeggel találkozik. Ez ipari környezetben lehet a csőben áramló közeg, de a savas eső okozta korrózió a fűtési távvezetékek tartószerkezetén szintén ide sorolható. Fizikai korrózió az anyag mechanikai sérülését idézi elő. Okozhatja a nem megfelelően választott közeg nyomása és sebessége a csőben. Például a szivattyúlapát pontkorrózióját okozhatja a kavitáció, ahol a lapát felülete, kialakítása és sebessége a víznyomás olyan mértékű csökkenéséhez vezet, hogy a szivattyúlapát felülete fizikailag sérül az összeeső buborékok és azokból eredő vízlökések által. Az elektrokémiai korróziót áramtermelő helyi elemek keletkezése és működése okozza. Akkor jön létre, ha két különböző elektródpotenciálú fém érintkezik egymással elektrolitban. Ha a két fém érintkezésekor a felületre elektrolit jut, akkor az aktívabb fém gyorsabban korrodálódik, viszont a kevésbé aktív fém – az elektronfelesleg miatt – addig nem oxidálódik, amíg az aktívabb fém el nem fogy. Tehát az elektrokémiai korróziónál a vegyi átalakulás mellett anyagvándorlás is bekövetkezik. Ezt a folyamatot kihasználva a védendő fémet bevonhatjuk vagy összeköthetjük egy kevésbé nemes (aktív) fémmel, ahol a bevonatot „feláldozva” védjük meg az adott csövet, berendezést, tartószerkezetet. Erre példa a galvanizálás, ahol cinkkel vonjuk be a felületet, vagy az anódos védelem a háztartásban fellelhető melegvizes tárolóknál. Biokémiai korrózió a mikroorganizmusok anyagcseretermékei által okozott, vagy elősegített korrózió. Egyes mikroorganizmusok a kénvegyületeket oxidálva kénsavat (hidrogén-szulfát), mások a szerves anyagok biodegradációjával szerves savakat, ismét mások a szulfátokat redukálva kénhidrogént (hidrogén-szulfidot) termelnek.

A korrózióvédelem számos feladatot magában foglal. Már a tervezésnél tisztában kell lennie a beruházónak az adott rendszer funkciójával és tervezett élettartamával. Ebből kiindulva a tervezőgárda már megtudja állapítani, hogy milyen korróziónak lesz kitéve az adott berendezés, és milyen módon lehet költséghatékony módon megvédeni. A megfelelő tervezés csak az első lépés, a kivitelezésnél a vállalkozó megfelelő monitorozása is fontos. Lényeges, hogy a műszaki dokumentációknak megfelelően válasszanak anyagot és ez a terveknek megfelelően legyen beépítve. Ha szükséges eltérni, akkor mindenképp egyeztetni kell a tervezőkkel. Végezetül az üzemelés alatti monitorozást kell kiemelni. Fontos, hogy a karbantartó csapat ismerje és értse a rendszert, valamint, hogy az időszakos preventív karbantartásokat elvégezzék.

MIKROMŰANYAGOK [31]

A műanyagokat a mikroorganizmusok képtelenek lebontani, ehelyett ezek kisebb darabokra esnek szét. Ekkor keletkeznek az 5 mm-nél kisebb szilárd, vízben oldhatatlan részecskék, a mikroműanyagok. Kétféle mikroműanyagot különböztetünk meg, az elsődlegest és másodlagost. Azok a termékek, amik szándékoltan apró méretű műanyag szemcséket tartalmaznak, az elsődleges mikroműanyagok csoportját képezik. A másodlagoshoz tartoznak a nagyobb méretű termékből leváló szemcsék. Ilyenek például a mikroszálas ruhákról mosáskor leváló műanyag darabok.

Leginkább felszíni vizekben mutatták ki a mikroműanyagokat, de előfordulnak felhőkben, talajban, sarki jégben és akár elő szervezetekben is. A vízvizsgálat során nagy mennyiségű vizet a helyszínen leszűrnek, majd vízben vagy NaCl oldatban hagyják, hogy a műanyag szemcsék felússzanak a felszínre. Mivel még ilyenkor is maradhatnak a műanyag szemcséken szerves anyagok, azokat hidrogén peroxidos oxidációval távolítják el. A kapott anyagot még egyszer átszűrik, majd spektroszkópiai módszerek segítségével megállapítják a kapott műanyag darabok méretét és típusát.

A mikroműanyagok káros hatással vannak a vízi élőlényekre, amelyek akár el is pusztulnak emiatt. A táplálékláncon a kisebb élőlényekben lévő műanyagot tovább juttatja a felsőbb szinten lévő fogyasztó szervezetekbe. Vizsgálják a mikroműanyagok hatását az emberi szervezetre nézve is. Egylőre az a tudományos konszenzus, hogy nem éri el a műanyag az ember szervezetében azt a mennyiséget, ami bármilyen hatást gyakorolna rá. A nanoműanyagok ugyanakkor képesek átjutni akár a vér-agy gáton is, és a sejtekbe bejutva apoptózist, azaz programozott sejthalált is okozhatnak.

Számos intézkedés történik a műanyagszennyezés csökkentése érdekében. Több országban betiltották a műanyag zacskók használatát. Van, ahol csak lebomló anyagból készült műanyag zacskó használható. Az EU is arra törekszik, hogy minél kevesebb műanyag hulladékot termeljenek a tagállamok. Ezen kívül fontos intézkedés az újrahasznosítás vagy szemétgyűjtés. Itt fontos megemlíteni a PET-kupát, ami egy hónapokon át tartó esemény. Az első szakaszban hulladékot gyűjtenek, majd ezekből hajót építenek, amelyekkel versenyeznek.

GÉNMÓDOSÍTÁS [32]

Az emberi szervezetben négyféle gén létezik: adenin, citozin, timin és guanin. A gének A-T vagy C-G bázispárokat alkotnak. Ezekből a bázispárokból három-három kódol egy-egy aminosavat, amelyekből fehérjék szintetizálódnak. A DNS az az útmutató, amely alapján ezek a folyamatok végrehajtódnak. A modern technológiának köszönhetően ma már lehetőség van DNS vizsgálatokra, aminek során a genetikai kódot feltárják. A DNS szekvenálás folyamata vázlatosan a következőképpen zajlik: a DNS-t véletlenszerűen bontó enzimek segítségével különböző hosszúságúra törik, majd ezt átengedik egy vékony csövön, amelyben a rövidebb darabok hamarabb, a hosszabbak később, az egyformák pedig egyszerre haladnak át.

A DNS módosításnak két nagy csoportja van: a génmódosítás és a klónozás. Ezeket gyakran szinonimaként használják, holott nem ugyanazt jelentik. Génmódosításnak azt a folyamatot nevezzük, amikor a DNS bizonyos szakaszait célzottan módosítják az adott funkció elérése érdekében. Ezt úgy érik el, hogy a cserélni kívánt részt megtörik és enzim vagy hő jelenlétében a szakaszt megváltoztatják. A klónozás során a klónozni kívánt élőlény egyik sejtjének magját kicserélik egy petesejt génmagjával, amit beültetnek egy másik állatba, igy a teljes génállomány változatlan marad. Ezt a genetikai állományt az élőlény élete folyamán már nem lehet módosítani.

SZINTETIKUS KANNABINOIDOK [33]

A kannabinoidok szerves vegyületek, amelyek különféle növényekben fordulnak elő. A legnagyobb koncentrációjuk a kender és a marihuána törzsekben található. Az agyunkban, a bőrünkben, az emésztőszervekben, az immunrendszerben és az idegrendszerben több tucat receptor található. Elsődleges szerepük testünk különböző részeinek figyelemmel kísérése és annak biztosítása, hogy azok rendeltetésszerűen működjenek. A kannabinoidok ehhez másodlagos inputot biztosítanak – kötődnek a receptorokhoz, vagy más módon befolyásolják őket, hogy változásokat hozzanak létre az elmében és a testben (6. ábra).



5. Ábra: A kannabinoidok néhány fajtája és hatásaik. Forrás: [33]

A szintetikus kannabinoidok olyan vegyületek csoportja, melyek nem hasonlítanak a kannabinoidokra (a vadkender hatóanyagai), de képesek kapcsolódni a kannabinoid receptorokhoz. Ezeket gyakran designer drogokként árulják az illegális drogkereskedelemben, vagy úgy adják el, mint olyan drog, melynek nyugtató hatása megegyezik a marihuánáéval. Ha ezeket a szintetikus kannabinoidokat folyékony formában felviszik tetszőlegesen kiválasztott növények szárított töretére, vagy felitatják növényi törettel, vagy más, bázisul használható semleges hordozóanyaggal, akkor szintetikus marihuánaként hozzák forgalomba. Használatukkor a leggyakrabban fellépő tünet a felgyorsult szívverés, a magas vérnyomás, a hányinger, a homályos látás, a hallucináció és a fokozott izgalom. Egyéb tünetek lehetnek még az epilepsziás rohamok és az akut pszichózis.

VEGYI HADVISELÉS [34]

A vegyi hadviselés már a kőkorszak óta létezik. Míg eleinte a nyílméregbéka mérgét használták, illetve különböző növényeket füstöltek, addig ma gázokat és folyadékokat használnak, melyeknek már nagyon kis mennyisége is halálos lehet. Fritz Haber, a vegyihadviselés atyjának tartott tudós nevéhez köthető az ammónia-szintézis felfedezése, amelynek köszönhetően jelentős előre lépéseket értek el a klórgázfegyverek területén. Az első világháborúban elsőnek a franciák vetettek be vegyifegyvert, majd később követték őket mások is. Hatásuk pusztító volt, sokszor nem csak az ellenségre. Maradványaik máig fellelhetők.

Számos vegyifegyvert ismerünk. A mustárgáz hólyaghúzó, a bőr felszínen fájdalmas hólyagok keletkeznek. Ezenfelül nekrózist, rákot, tüdőödémát és további légzőszervi megbetegedést okoz. Az Agent Orange, amely nevét a hordóról kapta, amiben tárolták, egy herbicid (növényírtó) szer, amit az USA a vietnámi háborúban vetett be. Ezt követően több mint fél millió gyerek degenerációval született. A szarin a németektől elkobzott idegméreg volt, melyet a németek nem vetettek be soha az erőssége miatt. Az idegeket támadja, amelynek hatására légzési és keringési rendellenesség áll be. Az XV, vagy ennek orosz változata, a Novicsok egy idegméreg, amelynek akár 200 µg-ja is halálos lehet. Vegyi fegyvernek minősül továbbá a lángszóró, mely a lövészárkokban nagyon hatásos, vagy a lángszóró harckocsis változata, mely a gyalogság ellen hatékony. De ide sorolható szeleskörben ismert Molotov-koktél is, amely főleg a harckocsik ellen hatásos.

A vegyi fegyverek szembeni védekezés technológiája a fegyverekkel együtt folyamatosan fejlődik. Egyik legtipikusabb védőeszköz a gázálarc, mely az arcot védi és a belélegzett levegőt szűri. Az ún. HAZMAT ruha egy egész testet védő öltözet, amely szinte minden vegyi fegyver ellen véd (7. ábra). Ha egy idegméreg megfertőz valakit, akkor egy atropin injekció beadása is használhat, amely az idegrendszer elemei közötti kapcsolatokat szünteti meg, miáltal az idegméreg nem tud szétterjedni.



6. Ábra: HAZMAT ruha. Forrás: [34]

HIVATKOZÁSOK

[1] Gyetván, R. (2023): A Balaton "használatának" környezetvédelemi kérdései, vízvizsgálat, TESZED előadás, Óbudai Egyetem, Budapest.
[2] Ádám, B. Z. (2023): Akkumulátor gyártás - kockázatok, TESZED előadás, Óbudai Egyetem, Budapest.
[3] Győri, K. (2023): Akkumulátor gyártás – környezeti kockázatok kezelési lehetőségei, TESZED előadás, Óbudai Egyetem, Budapest.

[4] Akkumulátorgyárral kapcsolatos közmeghallgatás, https://www.youtube.com/watch?v=eq7kP7VtR5c- Letöltés dátuma: 2024.01.06
[5] https://echa.europa.eu/documents/10162/17233/entry_71_how_to_comply_hu.pdf, Letöltés dátuma: 2024.01.06
[6] https://www.ujotsz.hu/li-ion-es-akkumulatorok-tuzeinek-veszelyei-es-megelozese/ - Letöltés dátuma: 2024.01.06.
[7] https://atlatszo.hu/kornyezet/2022/09/05/annyi-viz-kell-a-godi-samsung-gyarnak-amennyi-egy-szazezres-lakosu-varosnak-is-elegendo-lenne/. Letöltés dátuma: 2024.01.06.
[8] Bódi, Á. (2023): Mire kell az akkumulátorgyárnak a víz, https://greendex.hu/mire-kell-az-akkumulatorgyarnak-a-viz/.
[9] https://katasztrofavedelem.hu/37082/li-ion-akkumulatorok-veszelyei. Letöltés dátuma: 2024.01.04.
[10] https://www.greenpeace.org/hungary/blog/10267/mi-a-baj-kornyezeti-szempontbol-a-hazankban-megjeleno-akkumulatorgyarakkal. Letöltés dátuma: 2024.01.06.
[11] Horváth, E. (2023): A természet műhelye – színek és színezékek, TESZED előadás, Óbudai Egyetem, Budapest.
[12] https://telex.hu/eszkombajn/2021/05/04/tigris-szin-narancssarga-kutatas. Letöltés dátuma: 2024.01.08.
[13] https://www.origo.hu/tudomany/20100309-a-kornyezet-az-allatok-szemevel.html. Letöltés dátuma: 2024.01.08.
[14] https://ng.24.hu/termeszet/2023/02/10/ultraibolyaban-csalnak-az-orchideak/. Letöltés dátuma: 2024.01.08.
[15] https://telex.hu/eszkombajn/2021/04/22/allatvilag-kek-szin-pigment. Letöltés dátuma: 2024.01.08.
[16] https://hu.wikipedia.org/wiki/Tetrakrom%C3%A1cia. Letöltés dátuma: 2024.01.08.
[17] https://www.egeszsegkalauz.hu/betegsegek/szembetegsegek/latas-szin-erzekeles/8tw10ss. Letöltés dátuma: 2024.01.08.
[18] https://www.vilaglex.hu/Erdekes/Html/SzinFiKe_.htm. Letöltés dátuma: 2024.01.08.
[19] https://pszichozona.hu/szinpszichologia/. Letöltés dátuma: 2024.01.08.
[20] https://ergomania.hu/szinpszichologia-colour-psychology-marketing/. Letöltés dátuma: 2024.01.08.
[21] https://www.szinkommunikacio.hu/13_19.htm. Letöltés dátuma: 2024.01.08.
[22] https://sokszinuvidek.24.hu/mozaik/2017/04/05/ismerd-meg-a-vilag-legritkabb-szineit-es-tortenetuket/-. Letöltés dátuma: 2024.01.08.
[23] https://medimpextrade.hu/alapanyagok/termeszetes-elelmiszerszinezekek/. Letöltés dátuma: 2024.01.08.
[24] Herendi, V. A. (2023): A kémiai arcbőrhámlasztás, TESZED előadás, Óbudai Egyetem, Budapest.
[25] Molnár, D. (2023): Az Aral-tó kiszáradása, TESZED előadás, Óbudai Egyetem, Budapest.
[26] Menyhárt, B. (2023): Az atomenergia, TESZED előadás, Óbudai Egyetem, Budapest.
[27] Fehérvári, P. (2023): A műanyagiparban a 3D nyomtatás és az alapanyag felhasználása, újrahasználása, TESZED előadás, Óbudai Egyetem, Budapest.
[28] Sziráki, B. T. (2023): Gumihulladék újrahasznosítása, TESZED előadás, Óbudai Egyetem, Budapest.
[29] ETRMA (2021): In Europe 95% of all End of Life Tyres were collected and treated in 2019. https://www.etrma.org/wp-content/uploads/2021/05/20210520_ETRMA_PRESS-RELEASE_ELT-2019.pdf.
[30] Papp, J. (2023): Korrózió az épületgépészetben, TESZED előadás, Óbudai Egyetem, Budapest.

[31] Varga, M. (2023): Mikroműanyagok, TESZED előadás, Óbudai Egyetem, Budapest.
[32] Pihelevics, E. (2023): Olyan a klón, mint az eredeti? TESZED előadás, Óbudai Egyetem, Budapest.
[33] Varga, I. (2023): Szintetikus kannabinoidok, TESZED előadás, Óbudai Egyetem, Budapest.
[34] Szeberényi, P. (2023): Vegyi hadviselés, TESZED előadás, Óbudai Egyetem, Budapest.

Szerzők:

Dr. CSISZÉR Tamás
Óbudai Egyetem
Magyarország, 1034 Budapest, Bécsi út 96/B
Telefon: +36 (1) 666-5605 E-mail: csiszer.tamas@uni-obuda.hu
Ádám Balázs Zoltán
Óbudai Egyetem
Magyarország, 1034 Budapest, Bécsi út 96/B
Telefon: +36 (1) 666-5605 E-mail: abalazs1993@gmail.com
Fehérvári Páter Bálint
Óbudai Egyetem
Magyarország, 1034 Budapest, Bécsi út 96/B
Telefon: +36 (1) 666-5605 E-mail: feherpeti113@gmail.com
Gyetván Réka Gitta
Óbudai Egyetem
Magyarország, 1034 Budapest, Bécsi út 96/B
Telefon: +36 (1) 666-5605 E-mail: gy.reka98@gmail.com
Győri Kinga
Óbudai Egyetem
Magyarország, 1034 Budapest, Bécsi út 96/B
Telefon: +36 (1) 666-5605 E-mail: fekete.gyori12@gmail.com
Herendi Veronika Anita
Óbudai Egyetem
Magyarország, 1034 Budapest, Bécsi út 96/B
Telefon: +36 (1) 666-5605 E-mail: herendi.veruska@gmail.com
Horváth Emese Ágnes
Óbudai Egyetem
Magyarország, 1034 Budapest, Bécsi út 96/B
Telefon: +36 (1) 666-5605 E-mail: horeme@gmail.com
Menyhárt Bendegúz
Óbudai Egyetem
Magyarország, 1034 Budapest, Bécsi út 96/B
Telefon: +36 (1) 666-5605 E-mail: mmatebendi@gmail.com
Molnár Dorottya
Óbudai Egyetem
Magyarország, 1034 Budapest, Bécsi út 96/B
Telefon: +36 (1) 666-5605 E-mail: dottymoll@gmail.com
Papp János
Óbudai Egyetem
Magyarország, 1034 Budapest, Bécsi út 96/B
Telefon: +36 (1) 666-5605 E-mail: janospapp19@gmail.com
Pihelevics Emília
Óbudai Egyetem
Magyarország, 1034 Budapest, Bécsi út 96/B
Telefon: +36 (1) 666-5605 E-mail: pihe.emi@gmail.com
Szeberényi Péter
Óbudai Egyetem
Magyarország, 1034 Budapest, Bécsi út 96/B
Telefon: +36 (1) 666-5605 E-mail: szeberek2003@gmail.com
Sziráki Boglárka
Óbudai Egyetem
Magyarország, 1034 Budapest, Bécsi út 96/B
Telefon: +36 (1) 666-5605 E-mail: szirakiboglarka@gmail.com
Varga Izabella
Óbudai Egyetem
Magyarország, 1034 Budapest, Bécsi út 96/B
Telefon: +36 (1) 666-5605 E-mail: vargaiza2003@gmail.com
Varga Melinda
Óbudai Egyetem
Magyarország, 1034 Budapest, Bécsi út 96/B
Telefon: +36 (1) 666-5605 E-mail: v.meli26@gmail.com

KÜLTÉRI ÜLŐBÚTORCSALÁD TERVEZÉSE

GYÉMÁNT Anett, Dr. HOTTÓ Éva PhD
Óbudai Egyetem, Rejtő Sándor Könnyűipari és Környezetmérnöki Kar,
Terméktervező Intézet

DOI: 10.12700/TMMK.2026.010

Kivonat: *A városi környezet fontos részét képezik a közterek zöldfelületei, a parkok, melyek lehetőséget biztosítanak a természetben történő pihenésre, kikapcsolódásra. A meglévő közterületek folyamatos fejlesztése és új pihenőhelyek létrehozása a városfejlesztési programok prioritást élvező területei. A megújított zöldterületek a felhasználói igényeknek megfelelően, különböző funkciókat elégítenek ki a városok közösségi életében. A tanulmány, fiktív feladatként, egy aktuális városfejlesztési programhoz kapcsolódó kültéri ülőbútor termékcsalád tervezését mutatja be.*

Kulcsszavak: kültéri ülőbútor, beton, taktilis felület

BEVEZETÉS

A városi életformában különösen érezhető, hogy mennyire felgyorsult a világ körülöttünk. Az emberek folyamatosan sietnek egyik helyről a másikra, sokszor anélkül, hogy lehetőségük lenne megállni, kicsit megpihenni, vagy akár csak pár percig élvezni a környezet nyugalmát. Napjainkban a városi közterek különösen kiemelt szerepet játszanak abban, hogy lehetőséget biztosítsanak pihenésre és kikapcsolódásra. Egy megfelelően elhelyezett és gondosan megtervezett kültéri bútor tökéletes lehetőséget nyújthat ezekhez a célokhoz, akár egy múzeumlátogatás után, kávézás vagy sportolás közben, vagy épp csak egy séta során. A Városliget, a főváros egyik kedvelt pihenőhelye és kulturális centruma, mely a Liget Budapest Projekt részeként fontos szerepet játszik Budapest közösségi életében. A SANAA japán építészeti iroda által tervezett Új Nemzeti Galéria épületének letisztult formavilága és természetközeli karaktere, kiemelkedő építészeti minőséget képvisel. Ezért is adta az Új Nemzeti Galéria előtti zöldfelület az inspirációt a kültéri ülőbútor termékcsalád tervezéséhez. A cél, hogy a tervezett ülőbútor esztétikailag és funkcionálisan egyaránt illeszkedjen a modern környezethez, teljesítse a mai kor digitális kihívásait, miközben harmonizál a park zöldterületeinek jellegével is. Fontos, hogy a bútorcsalád ne csupán egy egyszerű ülőhely, hanem a városi közösségi élet támogató eleme legyen. A tervezés során a funkciók és a forma mellett fontos szerepet kap a befogadói élmény és a helyszín szellemisége is.

KÜLTÉRI ÜLŐBÚTOROK JELLEMZŐI ÉS FORMAI MEGOLDÁSAI

A mai világban a közösségi terek szerves részét képezik a különböző funkciójú ülőalkalmatosságok. Egy parkban vagy akár az utcákon sétálva lehetőséget biztosíthatnak a pillanatnyi megpihenésre és megállásra. A köztereken elhelyezett padok, székek vagy éppen okosbútorok nemcsak praktikus megoldások, de lehetőséget adnak a közösségi kapcsolatok építésére is. Az emberek ezáltal élvezhetik a környezetüket, beszélgethetnek vagy pihenhetnek. A funkciók betöltése mellett, a környezet esztétikai értékét is növelik változatos formakialakításukkal. A bútorok elhelyezése, formavilága vagy éppen anyaghasználata, az egész tér karakterét meghatározza.

Anyagok a kültéri ülőbútor tervezésben

Napjainkban a fenntarthatóság és az innováció fontos szerepet játszik a kültéri ülőbútorok megtervezésében. A nagyvárosokban gyakran találkozhatunk olyan okospadokkal, amik napelemes technológiával biztosítják a telefontöltést vagy akár az éjszakai világítást. A gyártástechnológiák alkalmazásánál is megjelentek olyan innovatív lehetőségek, amik megkönnyíthetik a termék kivitelezését és akár költséghatékonyabb megoldást nyújthatnak. [1] [2]

A köztéri bútorok megjelenése nagyban függ az alapanyag kiválasztásától is. A városban sétálva felfedezhetünk például fa, fém, beton vagy ezek kombinációjából kialakított ülőhelyeket. Az anyagválasztás nem csak esztétikai döntés, mert figyelembe kell venni az anyag tartósságát és időjárásállóságát egyaránt. [3]

A kültéri bútorok széles körben alkalmazott és legrégebb óta jelen lévő alapanyagai a természetes anyagok, mint például a fa, kő vagy akár a bambusz. Ezeknek az anyagoknak a választása több szempontból is hasznos lehet, mivel strapabíró, jó hőszigetelő és környezetkímélő tulajdonságokkal rendelkeznek. (1. ábra) A fa alapú anyagok közül kültéri felhasználásra a teakfa, a cédrus vagy akár a vörösfenyő is jó választás lehet. Az említett anyagok egyik leghasznosabb tulajdonságai közé tartozik, hogy jól bírják az időjárás viszontagságait, és masszív, szívós természetűek, ezáltal alkalmasak a kültéri használatra. A hosszú élettartamuk biztosítása érdekében elengedhetetlen a felületek kezelése, amelyek segítségével növelni tudjuk az anyag ellenálló képességét. A nedvesség okozta károk ellen javasolt az impregnáló folyadékok használata, mivel a szerkezeti stabilitást is nagy mértékben befolyásolhatja. A faanyagok másik ellensége a kártevők okozta károk, melyek védőbevonatok alkalmazásával könnyen meggátolhatók. [3] [4]

Környezetbarát választás a kő, mint természetes alapanyag is, amelyet legtöbbször a helyben talált anyagok esetében alkalmaznak. Pozitív tulajdonságai közé tartozik a jó hőszigetelőképesség, amely szintén hozzájárul az energiahatékony működéshez. A kőből, műkőből, márványból stb. készült bútorok rendkívül tartósak, de a felületek védelmét itt sem szabad elfelejteni (porózusság, moha, beton-habarcs kikopás, stb.). [3] [5]

A bambusz az egyik legfenntarthatóbb alapanyag forrás, amit a gyors növekedésének köszönhetünk. Az anyag kedvező tulajdonsága a sokoldalú felhasználás, amit az erős szerkezeti stabilitás és hajlékonyság tesz lehetővé. Egyértelműen leginkább a trópusokon terjedt el építőanyagként, hiszen ott természetes módon könnyen és gyorsan újra termelődik. Kültéri használatához a faalapú anyagokhoz hasonlóan, felületkezelést igényel. [3] [6]

A kültéri ülőbútoroknál egyre gyakrabban találkozhatunk olyan megoldásokkal, ahol mesterséges alapanyagokat használnak a gyártás során, mint például a rozsdamentes acél, beton vagy műanyag. (2. ábra) Ezek az anyagok a hagyományos fával szemben tartósabbak és kevésbé igényelnek karbantartást, valamint jobban ellenállnak az időjárás okozta igénybevételnek. [3]



1. Ábra: Természetes anyagú kültéri ülőbútor



2. Ábra: Mesterséges anyagú kültéri ülőbútor

A rozsdamentes acél ülőbútorok nemcsak esztétikusak, de rendkívül ellenállóak a korrózióval és mechanikai hatásokkal szemben. A bútorok felületének védelme érdekében, fontos a használat előtti és közbeni rendszeres karbantartás.

A műanyag alapanyagú ülőbútorok a korszerű gyártástechnológiáknak köszönhetően, ma már látványos és ergonomikus megjelenésükről ismertek. Bár sokan tartósnak gondolják ezt az anyagot, az időjárás, de főként az UV-sugárzás hatására elszíneződhet és rideggé válhat, ezért speciális műanyagápoló szer használata javasolt. Előnyei közé tartozik a könnyű tisztíthatóság, melyhez elegendő langyos víz és enyhe vegyszerek használata, hogy letörölhessük a szennyeződéseket a felületről. [7]

A beton ülőbútorok rendkívül strapabírók, de porózus szerkezetük miatt hajlamosak lehetnek a nedvesség és a fagyás okozta repedésekre. Fontos megelőzni, hogy a felület ne engedje magába

a vizet, mivel télen megfagyva károsíthatja az anyag szerkezetét. Ezt a problémát impregnálás alkalmazásával lehet megelőzni, melynek segítségével a felület víztaszítóvá válik, így a nedvesség nem tud behatolni a beton mélyebb rétegekbe. A folyamatot érdemes pár évente megismételni. [8]

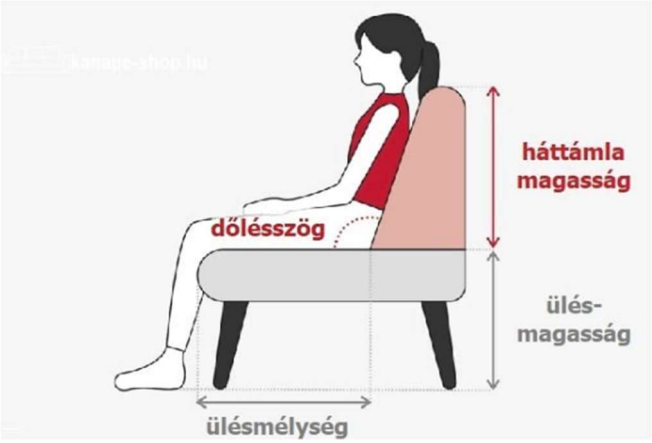
A kültéri ülőbútoroknál egyre gyakrabban alkalmaznak olyan innovatív anyagokat, amelyek biztosítják a tartósságot és az ellenállást, valamint a fenntarthatósági szempontoknak is megfelelnek. Ennek jó példája a polipropilén, ami egy hőre lágyuló műanyag és kifejezetten jól viseli a magas hőmérsékletet anélkül, hogy az alakja megváltozna. Ilyen alapanyagból készülnek a manapság nagyon közkedvelt kerti székek, napozóágyak, asztalok vagy akár a növénytartók is. A polipropilén meglehetősen ellenálló anyag, jól bírja a hőmérséklet ingadozást, a párát, az ütésszerű terheléseket és a súrlódást is, a mindennapokban könnyen tisztítható és karbantartható. A gyártási technológiának köszönhetően anyaga könnyű, így lehetővé teszi a bútorok problémamentes szállítását és átrendezését. Mindemellett újrahasznosítható és hosszú élettartamú, ami fontos szempont kültéri ülőbútorok esetén. [9]

A fa, fém és műanyag kültéri bútoroknál elengedhetetlen a védő bevonatok használata a környezeti károk megelőzése érdekében. Az UV bevonatok megóvják az ülőbútort a napsugárzások káros hatásaitól, aminek következtében hosszabb ideig megőrizheti a színét és minőségét. A fényes bevonat nemcsak a bútor esztétikáját növeli, hanem megvédi a kisebb karcolásoktól és kopásoktól is. [10]

Formatervezési, ergonómiai és kényelmi szempontok

A hétköznapokban különféle ülőbútor kialakításokkal találkozhatunk a formatervezési gyakorlatban. Léteznek háttámlás és háttámla nélküli változatok, valamint olyan modellek is, amelyek kartámasszal rendelkeznek. Ezek a különbségek nemcsak esztétikai de használati szempontból is meghatározók. A karfás megoldások például, főként az idősek számára, nagy segítséget jelenthetnek a leülés vagy a felállás során. Az ilyen formai döntéseket mindig az határozza meg, hogy milyen célcsoportnak szánjuk az adott ülőbútort.

Az ülőbútorok kialakításánál több olyan szempont is szerepet játszik, amelyek együtt határozzák meg, hogy mennyire számít kényelmesnek vagy jól használhatónak egy adott darab. Ilyen például az ülésmagasság, az ülésmélység, a háttámla dőlésszöge vagy épp a karfa magassága és szélessége. (3. ábra) Ezeknek az arányoknak és méreteknek tudatos alkalmazása nagyban hozzájárulhat egy funkcionálisan is jól működő bútor megtervezéséhez. [11]



3. Ábra: Optimális méretjellemzők az ülőbútorok esetén [12]

Az átlagméretű felhasználóknak az alábbi mérettartományok felelnek meg. (1. táblázat) [12]

1. Táblázat: Optimális mérettartományok

Méret megnevezése	Érték	Megjegyzés
ülésmagasság	43-45 cm	
ülésmélység	50-60 cm	A mélyebb ülőfelületek inkább relaxáláshoz megfelelőek, míg a rövidebbek inkább az aktívabb ülőhelyzeteket támogatják. (A méret a comb megtámasztását befolyásolja.)
ülőfelület szélesség	55-65 cm	Személyenkénti méret, de ha kisebb tárgyakat, pl. táskát is szeretnének elhelyezni az ülőfelületen, akkor 75-85 cm.
háttámla magassága	40-50 cm	A megtámasztás mértékétől függően.
háttámla szöge	105-115 °	Egy pihenésre szánt ülőalkalmatosságnál alkalmazható a laposabb támlaállás, míg aktív üléshelyzetnél, mint például egy padnál egyenesebb szöget érdemes választani.

Bizonyos típusú ülőbútoroknál a párnázottság is fontos kényelmi tényező lehet (pl. kávézók, éttermek esetében), azonban a kültéri ülőbútorok tervezésében, melyek állandó szabadtéri használatra készülnek, ez nem elsődleges szempont, hiszen a változó időjárási viszonyok miatt inkább keményebb, ellenállóbb felületekre van szükség. [11]

Kortárs hazai és nemzetközi precedensek

A kutatás részeként néhány kortárs hazai és nemzetközi példát mutatunk be, amelyek jó kiindulási alapként és inspirációként szolgáltak a tervezési munkához, mind az anyaghasználat és az ergonómiai szempontok, mind pedig a különleges formavilág tekintetében.

A Hello Wood építészeti stúdió az egyik legismertebb magyar szereplő ezen a területen, amely közösségi és fenntartható designmegoldásokat kínál. A stúdió „Kültéri okosbútorok” projektje innovatív megközelítést hoz a városi térhasználatba, újradefiniálva a közterületi bútorok szerepét. [13] (4. ábra) Zalavári József DLA formatervező művész munkássága kiemelkedő a hazai kültéri bútorok tervezésében, hiszen esztétikus alkotásai a városi közösségek igényeire öko szemlélettel reflektálnak. (5. ábra)

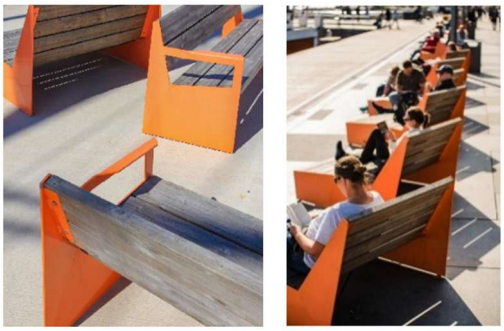


4. Ábra: Kígyó és Kocka kültéri okosbútor [13]

A Vestre egy norvég városi ülőbútorgyártó cég, amely több mint hét évtizede foglalkozik köztéri bútorok készítésével. A cég olyan tartós és karakteres közösségi bútorokat készít, amelyek időtállók és találkozási helyként szolgálnak. [15] (6. ábra) Alfredo Häberli „The Swiss Benches” projektje a BD Barcelona Design számára készült, és a hagyományos városi padokat különböző élethelyzetekhez igazodó funkciókkal ruházta fel. A padcsalád egyes darabjai eltérő funkciókat testesítenek meg. [17] (7. ábra)



5. Ábra: Városi pad [14]



6. Ábra: Vestre kültéri ülőbútorok [16]



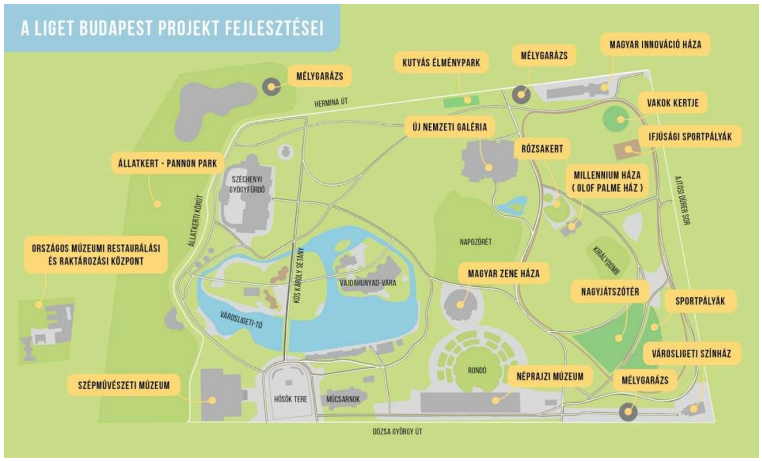
7. Ábra: The Swiss Benches [17]

A VÁLASZTOTT HELYSZÍN BEMUTATÁSA

A Liget Budapest Projekt

A kültéri ülőbútor elhelyezéséhez a Városligetet választottuk helyszínül, mivel a Liget Budapest Projekt egy jelenleg is zajló, jelentős fejlesztési beruházás Magyarországon. A projekt célja a Városliget területének komplex modernizálása, melynek során a történelmi park megőrzi a múlt értékeit, és egyben egy világszínvonalú kulturális és szabadidős központtá alakul át. [18]

A program részeként számos új épületet hoztak létre, illetve felújították a meglévő létesítményeket is. (8. ábra) Az új intézmények közül a Magyar Zene Háza és a Néprajzi Múzeum a legtöbb nemzetközi és hazai díjat kapta az elmúlt években az összes fejlesztés közül. A projekt során különös figyelmet fordítottak a zöldterületek növelésére. Új sétautakat, kerékpárutakat, játszótereket és sportpályákat alakítottak ki. A környezettudatosság jegyében csökkentették a parkolóterületeket és természetbarát környezetet hoztak létre. [18] [19]



8. Ábra: A Liget Budapest Projekt fejlesztései [19]

A Liget Budapest Projekt célja, hogy a Városliget kulturális, szabadidős és közösségi térként legyen használható minden generáció számára. A park tervezése során kiemelt szempont volt a modern elvárások biztosítása és a történeti hagyományok megtartása, hogy a jövő generációinak is értéket képviseljen. [28]

Az Új Nemzeti Galéria bemutatása

A kültéri ülőbútort a Városligetben újonnan épülő és várhatóan 2028-ra elkészülő, Új Nemzeti Galéria környezetében tervezzük elhelyezni. (9. ábra) Az épületet a neves SANAA japán építésziroda tervezte, akik olyan ikonikus projektjeikről ismertek, mint az Új Kortárs Művészeti Múzeum New Yorkban vagy a Louvre Lens Múzeum Franciaországban. A múzeum épülete minimalista, letisztult formavilága inspirációként szolgált a tervezett ülőbútor kialakításánál. [20] [21]

Az Új Nemzeti Galéria egy modern, a jelenkori elvárásoknak megfelelő, nagyjából 50 000 m^2-es épületben fog helyet kapni, amit a legújabb környezetvédelmi elvek szerint terveztek. Az épület minimális hatással lesz a park környezeti terhelésére, mivel energiahatékony és klímabarát megoldásokat alkalmaz.



9. Ábra: A Nemzeti Galéria új épületének látványterve

A galéria célja, hogy bemutassa a nemzetközi és magyar képzőművészet alkotásait, folytatva ezzel a Szépművészeti Múzeum és a Magyar Nemzeti Galéria hagyományait. Az új intézmény látogatói korszerű kiállítóterekkel, interaktív programokkal és nagyobb műtárgy kiállításokkal találkozhatnak majd. Emellett egy nyitott, közösségi térként fog működni, ahol a tudományos és művészeti események is helyet kapnak. [20]

Az épületet körülvevő Nagyrét (más néven Napozórét) ideális helyszín a kültéri ülőbútorcsalád elhelyezésére. Ez a zöldterület tökéletes helyet biztosítana a közösségi ülőbútorok számára, amelyek formavilágukkal illeszkednének az Új Nemzeti Galéria épületéhez. A természetes környezet és a galéria kulturális szerepének együttese egyedi élményt nyújtana ezáltal a látogatók számára.

A Városligetben található kültéri ülőbútorok

A Városligetben sétálva különféle stílusú és funkciójú kültéri ülőbútorokat fedezhetünk fel, amelyek a park különböző területein helyezkednek el. Találkozhatunk falécek és rozsdamentes acél kombinációjából készített modern padokkal, a játszótéren színes és gyerekbarát padokkal, valamint interaktív okospadokkal is, amelyek általában beépített USB-töltőkkel, LED-világítással vagy zenei funkciókkal vannak felszerelve. Megtalálhatók továbbá a park történelmi arculatának szerves részét képező, retró stílusú, vasbeton lábú, háttámlás faülőkés, piros padok is. (10. ábra)



10. Ábra: A Városligetben található kültéri ülőbútorok

A TERVEZÉS FOLYAMATA

A tervezés során a termékkel szemben támasztott követelmények meghatározása fontos kiinduló pont. melyek összefoglalása a 2. táblázatban látható. A fő kategóriákon belül az I. számmal jelölt a leghangsúlyosabb, a szintkövetelményeken belül pedig a szint/5, a legfontosabb.

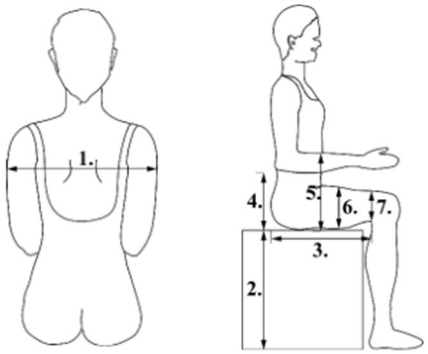
A tervezési folyamat során olyan bútorcsalád létrehozása volt a cél, amely formailag és funkcionálisan is illeszkedik a Városliget karakteréhez, egyúttal az Új Nemzeti Galéria kortárs építészeti világát is tükrözi.

2. Táblázat: Követelményjegyzék

Követelmény típusok	Fontosság	Minősítés / Súlyozás	Megjegyzés
TERMÉKJELLEMZŐK			
1. Méret és forma	I		
antropometriai méretek figyelembevétele		alap	különböző testalkatú felhasználók számára is kényelmes
2. Anyag	I		
időjárásálló		szint/5	UV-, csapadék- és fagyálló felületek
3. Ergonómia és használhatóság	I		
különböző ülőhelyzeteket támogat		szint/4	pl. egyedül ülés, baráti társaság, párok
4. Biztonság	I		
stabil, nem billen		szint/5	akár több ember is ülhet rajta egyszerre
5. Esztétika	II		
felületképzés – tapintás és látvány		szint/4	a betonfelület taktilis és vizuális minősége meghatározó; a Városliget térképének motívumait formázó, anyagkísérletekkel kialakított struktúra jelenik meg rajta

A tervezés során kiindulópontként szolgált a harmonikus arányok és az antropometriai méretek figyelembevétele, mivel az ülőbútorok különböző testalkatú és korosztályú embereknek készülnek. A méretek meghatározásánál a „The Handbook of Adult Anthropometric and Strength Measurements” című nemzetközi ergonómiai kézikönyv adatait vettük alapul. [22] (3. táblázat)

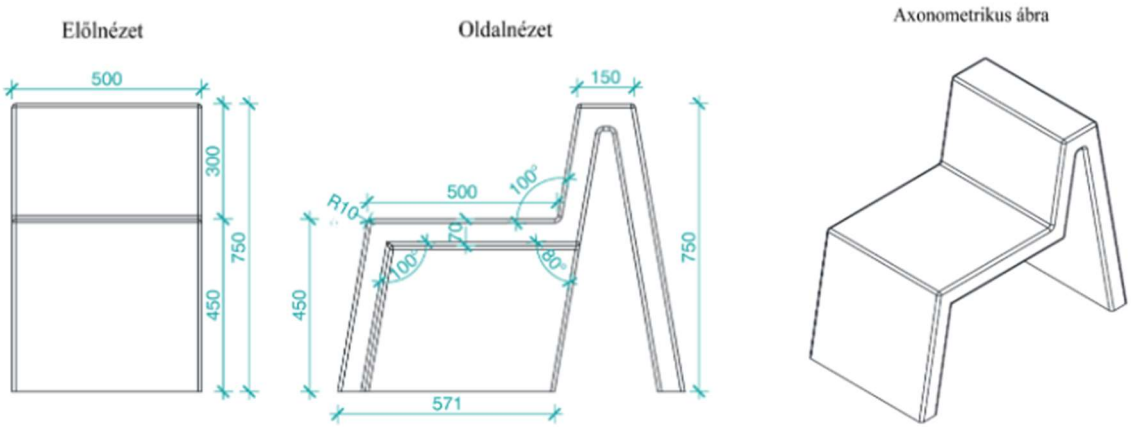
3. Táblázat: Felhasznált antropometriai méretek

Antropometriai ábrák	Testméret megnevezése	Méret (mm)
	1. ülésszélesség	451
	2. ülésmagasság	442
	3. ülésmélység	500
	4. könyökmagasság	230
	5. derékmagasság	286
	6. combmagasság	136
	7. térdmagasság	140,4

A tervezés kiemelt szempontja volt, hogy a bútorok ne csak jól funkcionáljanak használat közben, de esztétikailag is kapcsolódjanak a térhez. Ebből a gondolatmenetből keletkezett a beton felületébe ágyazott Városliget térkép ötlete, amely különleges módon ragadja meg a hely esszenciáját. A formakialakítás során fontos volt az egyszerű, letisztult geometriák kialakítása, amelyek jól reagálnak a beton anyagtulajdonságaira és illeszkednek az Új Nemzeti Galéria építészeti adottságaihoz. Az ülőbútorok alapanyagának a szálerősített betont választottunk, melynek köszönhetően a bútorok 7 cm-es testvastagsága elegendő statikai szilárdságot biztosítana a kültéri használathoz. A szálerősített polimerek (Fibre-Reinforced-Polymer) számtalan előnnyel rendelkeznek az acéllal erősített építőanyagokkal szemben. Teljesen korrózióméntes, így nem rozsdásodik nedves környezetben sem, valamint gyors és rugalmas kivitelezhetőség, magas fáradási ellenállás, hosszú élettartam, alacsony hőtágulás, kiváló teherbírás és könnyű önsúly jellemzi. [23] [24] [25]

A tervezett termékcsalád

A tervezés során elsősorban nem az új funkciók létrehozása volt a cél, hanem a különböző társas kapcsolatok megteremtéséhez illeszkedő üléshelyzetek megformálása. A kültéri bútorcsalád formai alapja egy letisztultabb megjelenést kölcsönző karakter, mely finomabb megjelenést biztosít a térben, miközben formai kapcsolatot teremt a helyszín kortárs építészeti karakterével. A terméksorozat egyaránt tartalmaz egyszemélyes, sorolt és többszemélyes padvariációkat. (11. és 12. ábrák) A korábban meghatározott paraméterek segítségével lehetővé vált a támlás, támla nélküli, karfás és asztalfunkciót betöltő elemek megalkotása.



11. Ábra: Egyszemélyes modul műszaki rajza



12. Ábra: A bútorcsalád egyszemélyes elemei

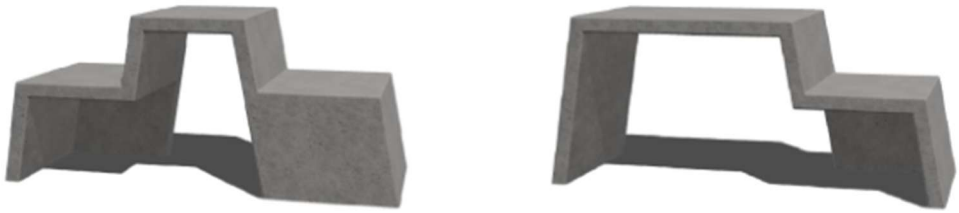
A sorolt egyszemélyes elemeknél törekedtünk arra, hogy a kényelem biztosítva legyen minél többféle használati helyzetben. Az ülőlap alatti zárt részt ezért nyitott formára alakítottuk, hogy a felhasználók a lábukat behúzhassák az ülőfelület alá, ha így kényelmesebb számukra. Ezzel egy lazább, természetesebb üléshelyzet is lehetővé vált. Ennél a változatnál megjelennek a karfák és háttámlák is, amelyek még több tartást és kényelmet adnak a használat során, így különböző testhelyzetekhez is jól alkalmazkodnak. (13. ábra)



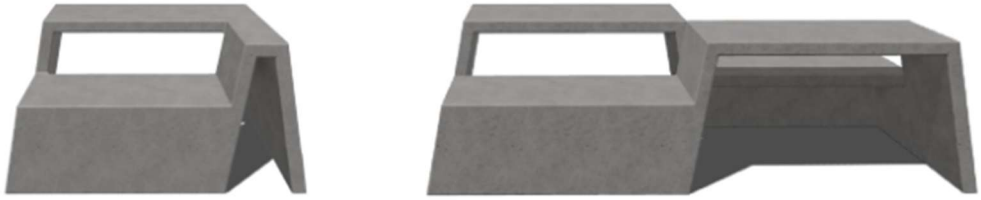
13. Ábra: Sorolt egyszemélyes elemek

A többszemélyes verzióknál megjelenik az asztalfunkció lehetősége, melyek akár ülőfelületként is szolgálhatnak. (14. ábra) Az ülésmélység meghosszabbításával ezek a felületek hosszított paddá is válhatnak, így több felhasználó számára is kényelmes leülést biztosítanak.

(15. ábra) Ennél a sorozatnál is igény szerint bővíthetők az elemek közösségi használatra, hogy nagyobb társaság befogadását is lehetővé tegye akár egy piknik, beszélgetés vagy játék során.



14. Ábra: Többszemélyes ülőbútorok



15. Ábra: Többszemélyes elemek bővítése

Különösen ennél a bútorcsaládnál nyílt lehetőség a legtöbb taktilis felület kialakítására. Az oldalsó zárt elemek nagyobb felületet kínálnak, nem vesznek el az ülőfelületből, továbbá jól láthatóan és tapintható módon szemléltetik a helyspecifikus grafikát. A taktilis elemek nem csak vizuálisan gazdagítják, hanem statikailag is támogatják a szerkezet stabilitását.

A taktilis felület kialakítása

A koncepció kidolgozásakor különös figyelmet fordítottunk a Városliget térképmotívumának megjelenítésére az ülőbútorok egyes zárt felületein. A cél egy olyan motívum létrehozása volt, amely kapcsolódási pontként szolgálhat a felhasználó és a helyszín között, így nem csak az eligazodást segítené, hanem egyedi módon mesélne is a környezetéről. A taktilis kommunikáció egy ideális módja a felhasználó és a tárgy közötti kapcsolat létrehozására. A tapintással érzékelhető felületek kialakítása során nem csupán az anyagtechnikai szempontokat vettük figyelembe, hanem vizsgáltuk a tapintás pszichológiai és érzékelési hatásait is. Az emberek egy új tárgy felfedezésekor tudatosan próbálnak tapintással információt szerezni az adott tárgyról, hogy egyszerűbben megismerhessék akár az anyaghasználatát vagy a működési mechanizmusát. Ezzel szemben az érintés nem feltétlenül az objektumok tudatos megismerésére összpontosít.

A tapintás révén különböző érzékelési élményekben lehet részünk. A felületi tapintás lehetővé teszi a forma kontúrjának követését, az intenzív tapintás feltárja az anyagi jellemzőket és az emlékező tapintás felidézi a korábbi tapasztalatainkat. [26] [27]

Az ülőbútor anyagválasztásánál tudatos döntés volt az „egyanyagúság” alkalmazása. Az azonos felületű, homogén felületek elősegítik a térbeli forma hangsúlyozását és a felhasználó figyelmét sem tereli el az eltérő színek vagy anyagi tulajdonságok látványa. A térkép sikeres olvashatósága érdekében, különös figyelmet kellett fordítani a domborulatok és vájatok mélységére. A tapasztalatok alapján a taktilis motívumok ideális magassága 2-3 mm között van: ez lehetővé teszi az ujjbegyek számára akadálymentes mozgatást. A betonba ágyazott struktúrák kivitelezéséhez három különböző anyagkísérlet készült el, mindegyik más-más gyártási eljárással, végül a 16. ábrán látható legeredményesebb változat került kiválasztásra. A kész betonlapok felületén a térkép egyes részeinek elkülönítésére pl. a zöldfelületek megjelenítésére, folyékony patinát használtunk, amely enyhén színezett réteget hozott létre a felületen. A Városliget jellegzetes épületeit a későbbiekben fehér lazúrral tervezzük kiemelni, hogy finom kontraszt alakuljon ki, így ezek a részek nem csak tapintással, hanem vizuálisan is könnyebben felismerhetők lennének.



16. Ábra: Patinázott beton

Látványtervek

A tervezett bútorcsalád a választott helyszínen, vagyis az Új Nemzeti Galéria előtti területen kerül bemutatásra. A 3D modellek a Galéria hivatalos látványterveibe integrálva érzékeltetik a bútorok arányait, anyaghatását és térbeli jelenetét a tervezett környezetben. (17-19. ábrák)



17. Ábra: Látványterv a múzeummal esti fényben



18. Ábra: Látványterv a múzeummal nappali fényben



19. Ábra: Látványterv a zöldfelülettel

ÖSSZEGZÉS

A tanulmány egy kültéri ülőbútorcsalád tervezési folyamatát mutatja be. A témakutatási rész a különböző anyaghasználati megoldásokat ismerteti és áttekinti az ergonómiai és kényelemi szempontokat is. A kutatás eredményeire támaszkodva készült el a termékcsalád terve, mely taktilis felülettel is kiegészült. A tervek a későbbiekben továbbfejleszthetők, például kerékpártároló funkcióval mobiltöltővel és napelemmel vagy akár beépített LED-világítással is, ami éjszakai használatra is alkalmassá tenné a terméket.

A tervezési folyamat során fontos volt, a funkcionális, ergonómiai és anyaghasználati elvárásoknak történő megfelelés, hogy ezáltal egy olyan tárgy jöhessen létre, amely valóban választ ad a városi környezet kihívásaira. A betonba ágyazott struktúra révén a tárgy nem csupán egy ülőalkalmatosság, hanem egyfajta kapcsolódási ponttá vált a helyszínnel, ahol az emberek jelen tudnak lenni a városi élet mindennapjaiban.

HIVATKOZÁSOK

[1] Zakhar, G.: *Development, present and future of 3D printing.* Computers & Learning, 4(1), ArtNo: 40. 2021. pp.1-10. http://jcal.eu/article/view/40/27 (megtekintés: 2025. 01. 20.)

[2] Smart Solar Bench. https://www.engoplanet.com/single-post/what-is-smart-solar-bench (megtekintés: 2025. 03. 10)

[3] Horváth, M.: *Fából épített moduláris szerkezetű több funkciós pihenő házak*, Szakdolgozat. 2024. http://diploma.uni-sopron.hu/13171/1/FMK-3-2024-D.pdf (megtekintés: 2025. 01. 22.)

[4] *Milyen fából milyen bútor legyen? Avagy melyik fa a legjobb választás?*. 2022. https://www.lavintagehome.hu/milyen-fabol-milyen-butort-legjobb-valasztas?srsltid=AfmBOooaGsuTE4DmFbPmxC_1NVlYMb7E4mkg_fiEc2D6BmIl-9Yb3W1U megtekintés: 2025. 01. 22.)

[5] *Kőfelületek impregnálása*. https://www.koipar.hu/kofeluletek-impregnalasa-112?srsltid=AfmBOordaUpT38S0HxHvsZQ2j0otCq3yLG98MhnJu5L5qrQtzGWMZZbE (megtekintés: 2025. 01. 22.)

[6] *Bambuszrúd kezelése.* 2014. https://www.nadland.hu/blog/bambuszrud-kezelese/ (megtekintés: 2025. 01. 22.)

[7] *Műanyag ülőbútorok.* https://lakberinfo.hu/kert/kerti-butorok/2021-08-30-fa-legyen-vagy-muanyag-milyen-kerti-butort-valasszunk/ (megtekintés: 2025. 01.25.)

[8] *Betonfelületek impregnálása. 2019.* https://ezermester.hu/cikk-8570/Betonfeluletek_impregnalasa?printview (megtekintés: 2025. 01. 25.)

[9] Vondom: *Polypropylene.* https://www.vondom.com/Recursos/Materials&Care/Polypropylene.pdf (megtekintés: 2025. 05. 05.)

[10] *UV bevonatok alkalmazása.* https://www.zintilon.com/hu/blog/anti-uv-anodizing-vs-uv-clear-coating/ (megtekintés: 2025. 05. 05.)

[11] Koloszár, K.: *Koncepció az irodai bútorok kiválasztásának, beállításának egyszerűsítéséhez.* Faipar, LX. évf., 2012/2. szám, 2012. június, pp. 27-36. https://www.epa.hu/02300/02321/00033/pdf/EPA02321_Faipar_2012_02_27-36.pdf (megtekintés: 2025. 03.17.)

[12] *Ülőbútorok optimális méretjellemzői.* https://kanape-shop.hu/a-kanape-optimalis-ulesmelysege-es-magassaga (megtekintés: 2025. 03. 17.)

[13] *Hello Wood kültéri okosbútorok.* https://hellowood.eu/hu/projekt/kulteri-okosbutorok (megtekintés: 2025. 03. 18.)

[14] Slézia, J.: *Kortárs magyar formatervezés 2000-2013.* Designtrend Kft., Budapest, 2014. pp. 230-231.

[15] IFLA Europe: *Vestre.* https://iflaeurope.eu/index.php/site/general/vestre%20%20%20 (megtekintés: 2025. 03. 17.)

[16] https://vestre.com/products/seating/bloc-seat-fossil-free-steel (megtekintés: 2025. 03. 19.)

[17] Haberli, A.: *Los Bancos Suizos.* 2005. https://www.alfredo-haeberli.com/work/los-bancos-suizos (megtekintés: 2025. 03. 19.)

[18] https://ligetbudapest.hu/liget-budapest-projekt (megtekintés: 2025. 03. 05.)

[19] https://turizmus.com/cikk/archiv/2023-ra-az-osszes-uj-intezmeny-megnyilik-a-varosligetben (megtekintés: 2025. 03. 05.)

[20] https://ligetbudapest.hu/projekt/uj-nemzeti-galeria (megtekintés: 2025. 03. 10.)

[21] https://tervlap.hu/cikk-nezet/sanaa-kapta-a (megtekintés: 2025. 03. 10.)

[22] Peebles, L., – Norris, B.: *ADULTDATA – The handbook of adult anthropometric and strength measurements: Data for design safety.* Department of Trade and Industry, UK., 1998

[23] Baróthy Anna, szobrászművész és vezető designer szíves szóbeli közlése, 2025.

[24] Borosnyói, A.: Betonszerkezetek korrózióállóságának biztosítása innovatív, szálerősítésű polimer (FRP) anyagokkal. Építőanyag, 65. évf. 1. szám 2013, pp. 26-31. http://dx.doi.org/10.14382/epitoanyag-jsbcm.2013.6 (megtekintés: 2025. 05. 03.)

[25] *Fibre-Reinforced-Concrete.* https://irl.sika.com/en/construction/concrete-admixtures/fibre-reinforced-concrete.html (megtekintés: 2025. 05. 02.)

[26] Lovászi, A. – Dúll, A.: Megérint a látvány – A taktilis kommunikációról. 2014. https://shorturl.at/gHG73 (megtekintés: 2025. 05. 03.)

[27] Ónodi, B.: Relief makettek. 2021. (megtekintés: 2025. 05. 03.) https://nka.meszorg.hu/wpcontent/uploads/2021/03/onodi_bettina_relief_makettek.pdf

Szerzők:

GYÉMÁNT Anett
Telefon: E-mail: anettgyemant16@gmail.com

Dr. HOTTÓ Éva
Óbudai Egyetem, RKK, Terméktervező Intézet
Magyarország, 1034 Budapest, Doberdó út 6.
Telefon: +36 1 666 5933 E-mail: hotto.eva@uni-obuda.hu

A SELEJT BOSSZÚJA

GÖNDÖR Vera, KERTÉSZ Zoltán
Óbudai Egyetem, Rejtő Sándor Könnyűipari és Környezetmérnöki Kar,
Médiatechnológiai és Könnyűipari Intézet

DOI: 10.12700/TMMK.2026.011

Kivonat: *A minőségirányítás hagyományos megközelítése a hibák és nem megfelelőségek minimalizálására épül, a selejtet pedig megszüntetendő kimenetként kezeli. A technológia- és tudománytörténet azonban számos olyan példát kínál, ahol a hibák nem csupán veszteséget, hanem új értéket is létrehoztak. Jelen tanulmány célja annak bemutatása, hogy a selejt miként válhat innovációs tényezővé a teljes értéklánc mentén.*

A cikk a „selejt bosszúja" jelenséget a gyártási folyamat fő szakaszai – tervezés, gyártás és minőségellenőrzés, raktározás, valamint felhasználás – szerint rendszerezi. A vizsgálat során történeti és ipari példákon keresztül mutatjuk be, hogy a nem szándékolt eltérések hogyan vezethetnek új termékekhez, funkciókhoz vagy akár piaci értéknövekedéshez. A tanulmány kiemeli a szerendipitás szerepét, valamint a selejt kontextusfüggő értelmezését.

Eredményeink rámutatnak, hogy a selejt nem kizárólag negatív kategória, hanem megfelelő szemlélet mellett a tanulás és innováció kiindulópontja lehet.

Kulcsszavak: *selejt, szerendipitás, innováció, minőségirányítás, termékfejlesztés*

BEVEZETÉS

A minőségirányítás hagyományos megközelítése a hibák és nem megfelelőségek minimalizálására épül. A cél a specifikációknak való megfelelés biztosítása, valamint annak megakadályozása, hogy a nem megfelelő termék az eredeti szándék szerinti felhasználásba kerüljön. Ebben az értelmezésben a selejt a folyamat nem kívánatos kimenete, amelyet azonosítani, elkülöníteni és megszüntetni szükséges.

A technológia- és tudománytörténet azonban számos olyan példát mutat, ahol a hibák, eltérések vagy véletlen események nem pusztán veszteséget okoztak, hanem új termékek, új funkciók vagy akár teljesen új iparágak kialakulásához vezettek. E jelenség leírására a szakirodalom a szerendipitás fogalmát használja, amely a nem szándékolt, de értékes eredmények felismerését jelenti. [1]

A selejt tehát nem kizárólag negatív kategória, megfelelő kontextusban képes hatást gyakorolni a rendszerre, sőt annak működését vagy szereplőit is átalakíthatja. Cikkünkben az előállítási folyamat lépései mentén próbáljuk a hasznos selejteket bemutatni.

Az 1. ábra a vizsgálat keretrendszerét mutatja be, amely az előállítási folyamat fő szakaszai mentén – tervezés, gyártás és minőségellenőrzés, raktározás, valamint felhasználás – rendszerezi a selejt keletkezési és értelmezési lehetőségeit.



1. Ábra: A vizsgálat elemei az előállítási folyamat lépései mentén

A „SELEJT BOSSZÚJA”, MINT MAGYAR KULTURÁLIS METAFORA

„A selejt bosszúja” című rövidfilm-vígjáték a „selejt” fogalmát nem műszaki, hanem társadalmi és viselkedési kontextusban jeleníti meg. A filmben Latabár Kálmán és Ruttkai Éva alakításán keresztül jelenik meg a „selejt” ironikus értelmezése (2. ábra).

A cselekményben a „selejt” konkrét megtestesülése egy nem felvarrt gomb, amely egy nadrágon jelenik meg, mint minőségi hiba. Ez a látszólag jelentéktelen eltérés a minőségellenőrzés logikája szerint egyértelmű nem megfelelőség, amelyet a rendszernek ki kellene szűrnie. A hiba azonban nem kerül megszűntetésre, hanem a használat során folyamatosan visszatérő problémák forrásává válik.



2. Ábra: A selejt bosszúja, 1951 [2]

A történet ironikus felépítése abban rejlik, hogy a hiba következményei aránytalanul nagy hatást fejtenek ki a főszereplő, Ede életére, aki magát a hibát létrehozta. A nem felvarrt gombból adódó kellemetlen és komikus helyzetek sorozata végül viselkedésváltozást idéz elő, vagyis a selejt nemcsak technikai értelemben „bosszulja meg magát”, hanem az egyén szintjén is hatást gyakorol.

A történet végső tanulsága, hogy a selejt nem csupán problémát okozhat, hanem változást is kiválthat. A főszereplő átalakulása azt jelzi, hogy a hibák megfelelő értelmezése és feldolgozása tanulási folyamatot indíthat el. [2]

TERVEZÉSI HIBÁK ÉS A SZERENDIPITÁS SZEREPE

A tervezési hibák sajátossága, hogy a teljes folyamatra kihatnak, ezért a klasszikus minőségirányítási szemléletben kritikus kockázati tényezőnek számítanak. Ugyanakkor ezek a hibák gyakran nem a megvalósítás során, hanem már a koncepció szintjén hordozzák az eltérés lehetőségét. A szerendipitás jelensége különösen ebben a fázisban jelenik meg. A fejlesztési céloktól eltérő tulajdonságok felismerése új alkalmazási irányokat nyithat meg. A bemutatott példák (Post-it, szacharin, dörzsgyufa) azt mutatják, hogy a „nem megfelelő" tulajdonság nem feltétlenül hibaként értelmezendő, hanem potenciális funkcionális előnyként is. A tervezési hibák tehát kettős természetűek: egyrészt kockázatot jelentenek, másrészt innovációs lehetőséget hordoznak.

Post-it – a „túl gyenge" ragasztó sikere

A 3M vállalatnál Dr. Spencer Silver 1968-ban egy nagy szilárdságú ragasztót kívánt kifejleszteni, azonban kísérlete során egy gyenge, újrapozicionálható ragasztó jött létre. A fejlesztés kezdetben kudarcnak minősült, és évekig nem találtak alkalmazási területet. A fordulópontot Art Fry felismerése hozta, aki ezt az anyagot könyvjelzőként kezdte használni. A hibából így született meg az egyik legismertebb irodai termék (3. ábra). [7]



3. Ábra: A Post-it, az öntapadós jegyzetlap (confetticampus.nl)



4. Ábra: A szacharin, az első mesterséges édesítő (https://femina.hu/terasz/eritrit-verrog/)

Szacharin – a laboratóriumi hiba következménye

Constantin Fahlberg 1879-ben véletlenül fedezte fel a szacharint, amikor egy kémiai reakció során keletkezett anyag maradványa a kezére került. A nem megfelelő laboratóriumi gyakorlat (kézmosás elmaradása) vezetett az első mesterséges édesítőszer azonosításához (4. ábra). [8]

Dörzsgyufa – a véletlen mechanikai hatás szerepe

John Walker 1826-ban egy pálcára tapadt anyagot súrlódás hatására meggyújtott. A nem szándékolt reakció felismerése vezetett a dörzsgyufa kifejlesztéséhez (5. ábra). [5]



5. Ábra: A dörzsgyufa [5]

GYÁRTÁSI ÉS ELLENŐRZÉSI HIBÁK, MINT ÉRTÉKTEREMTŐ TÉNYEZŐK

A gyártási folyamat során keletkező hibák általában selejtet eredményeznek. Bizonyos esetekben azonban ezek az eltérések egyediséget és ritkaságot hoznak létre.

A gyártási és ellenőrzési hibák jellemzően a specifikációtól való eltérésként jelennek meg, amelyeket a minőségirányítási rendszerek célzottan kiszűrnek. Ezekben az esetekben a selejt fizikai formában jelenik meg, és a megfelelőség hiánya objektíven azonosítható. Ugyanakkor bizonyos termékkategóriákban – különösen gyűjtői vagy kulturális kontextusban – az eltérés egyediséget eredményez. A hibás nyomatok, színeltérések vagy szerelési pontatlanságok ritkaságot generálnak, amely a piaci érték növekedéséhez vezethet. Ez azt jelenti, hogy a minőségellenőrzés által kiszűrt eltérések egy másik értékelési rendszerben pozitív tulajdonsággá válhatnak. A gyártási selejt tehát nemcsak minőségi probléma, hanem potenciálisan értékképző tényező is lehet.

A gyűjtői érték kialakulásának egyik kulcstényezője a ritkaság és dokumentálhatóság. Mivel a hibák nem ismétlődnek rendszeresen, és gyakran csak néhány darab létezik belőlük, ezek a

termékek egyfajta „nem szándékolt limitált szériává” alakulnak. A gyűjtői közösségek ezeket a hibákat kategorizálják és nyilvántartják, ami tovább növeli az értéküket.

Nyomtatási hibák – Inverted Jenny és „Fordított Madonna”

Inverted Jenny bélyeg (6. ábra) volt az első amerikai légipostabélyeg, amely egy Curtiss JN-4 típusú repülőgépet ábrázol (becenevén "Jenny"). A nyomtatási folyamat hibájából kifolyólag a repülőgépet ábrázoló kék középrész fejjel lefelé került a piros keretre. A bélyegeket két külön nyomólemezről nyomták: először a keretet, majd a repülőt. A legenda szerint az egyik nyomdai dolgozó figyelmetlensége miatt az egyik ív papír fordítva került a gépbe a második nyomási fázisban. A washingtoni posta mindössze egyetlen ívet (100 darab bélyeget) talált, amelyen a repülő fejjel lefelé volt. Mivel csak 100 darab létezik belőle, a hibás bélyeg dollármilliókat ér a mai aukciókon (6. ábra). [3]

A többfázisú nyomtatásnál ritkán fordított nyomat hiba következtében jött létre a magyar tévnyomat a Fordított Koronás Madonna (7. ábra). [4]



6. Ábra: Inverted Jenny



7. Ábra: Fordított Koronás Madonna

LEGO és Matchbox hibák, mint gyűjtői érték

A LEGO minifigurák esetében a nyomtatási hibák (double print, missing print stb.) külön gyűjtői kategóriát alkotnak. Ezek a hibák – mint például a nyomtatási elcsúszások, hiányzó vagy duplázott grafikai elemek, színeltérések, illetve szerelési pontatlanságok – a tömegtermelés során véletlenszerűen keletkeznek, és normál esetben kiszűrésre kerülnek. Amennyiben azonban ezek a darabok mégis kikerülnek a piacra, egyedi példányokká válnak (8. ábra). [9]



8. Ábra: LEGO nyomdahibák [9, 10]

Hasonló jelenség figyelhető meg a Matchbox modelleknél, ahol a szín-, felirat- vagy szerelési hibák egyedi darabokat eredményeznek. Ezekben az esetekben a hiba ritkaságot generál, ami közvetlenül értéknövelő tényezővé válik.



9. Ábra: Mixed Identity hiba a középső Matchbox Utility Truck-nál [11]

A Matchbox Mini Tanker 2006-ban került bemutatásra új modellként arany színű fülkével, Phillips 66-os festéssel. A modell gyártása még zajlott, amikor a 2007-es 5-ös csomagokhoz szánt változatok zöld fülkével, zöld/fehér „Aviation Fuel" feliratos tartályát szerelni kezdték. A két modell gyártásának összecsúszása eredményezte a gyűjtők számára értékes „Mixed Identity" hibát, melynél a régi arany tartálykocsi fülkére az új zöld/fehér feliratos tartályt szerelték (9. ábra).

A LEGO és Matchbox példák is jól szemléltetik, hogy a selejt értelmezése erősen kontextusfüggő. Ami az ipari gyártás szempontjából hibának minősül, az a piaci és kulturális környezetben különleges, keresett termékké válhat. Ez a jelenség rámutat arra, hogy a minőség nem abszolút kategória, hanem az adott felhasználási és értelmezési kerettől függően változik.

Esztétikai hibák, mint stílusjegyek

Az esztétikai hibák különleges helyet foglalnak el a selejt fogalmán belül, mivel ezek nem feltétlenül befolyásolják a funkcionális megfelelőséget, ugyanakkor eltérést jelentenek a vizuális elvárásokhoz képest. A modern design- és építészeti irányzatokban azonban ezek az eltérések tudatosan vállalt stílusjegyekké válhatnak.

A brutalista építészetben a nyers betonfelület (zsaluzati lenyomatokkal) eredetileg kivitelezési hibának számított, később azonban tudatos esztétikai választássá vált (10. ábra). Hasonló jelenség figyelhető meg a kraklé máz (11. ábra) esetében, ahol a hőtágulási különbségek repedéseket okoznak, amelyek ma dekoratív értéket képviselnek. [12, 13]

A korábban hibának tekintett jelenségek esztétikai értéket nyerhetnek. Ez a folyamat az értelmezési keret megváltozásával magyarázható. A tökéletesség helyett az anyagszerűség és a természetesség kerül előtérbe. Az esztétikai selejt így a tervezett design részévé válik, és új vizuális normákat hoz létre.



10. Ábra: Brutalista építészet [12]



11. Ábra: Kraklé (repesztett) máz (galeriasavaria.hu)

RAKTÁROZÁSI HIBÁKBÓL SZÜLETETT INNOVÁCIÓK

A raktározási hibák jellemzően a környezeti feltételek nem megfelelő szabályozásából adódnak, mint például a hőmérséklet, páratartalom vagy időtartam eltérései. Ezek a változók különösen az élelmiszeriparban és vegyiparban indíthatnak el nem várt kémiai vagy biológiai folyamatokat. A következő példák azt mutatják, hogy a „romlásként” értelmezett jelenségek új ízprofilok és termékkategóriák kialakulásához vezethetnek. A raktározási selejt esetében tehát az idő kulcsszerepet játszik. A hiba hatása nem azonnal, hanem késleltetve jelentkezik. Ez a típus különösen jól szemlélteti, hogy a selejt értékelése időfüggő folyamat. A nem megfelelő tárolás így innovációs tényezővé válhat.

- Pezsgő létrejötte a nem kívánt másoderjedésnek köszönhető. A bor erjedése télen leállt, majd tavasszal újraindult, ami szénsavasodáshoz vezetett. A kezdetben hibának tekintett jelenségből alakult ki a pezsgő (12. ábra). [14]
- A Roquefort sajtot a penészesedés, mint érték eredményezte. A nem megfelelő tárolási körülmények között kialakuló penész egyedi ízvilágot eredményezett, amely később prémium termékké vált (13. ábra). [15]
- A Worcestershire-szósz (14. ábra) eredetileg egy sikertelenül elkészített recept volt, amelyet készítői félretettek és elfelejtettek. A hosszú raktározás során azonban fermentációs folyamatok indultak el, amelyek eredményeként egy komplex ízvilágú, ma már világszerte ismert szósz jött létre. [16]



12. Ábra: Perignon pezsgő (champagneshop.hu)



13. Ábra: Rokfort sajt (hu.wikipedia.org/wiki/Fájl:Demi_Castelviel_Gabriel_Coulet.jpg



14. Ábra: Worcestershire szósz

FELHASZNÁLÁSI HIBÁK ÉS ÚJ FUNKCIÓK KIALAKULÁSA

A felhasználási hibák abban különböznek a többi selejttípustól, hogy nem a gyártási folyamatban, hanem a termék alkalmazása során keletkeznek. Ezek az eltérések gyakran a felhasználók kreatív vagy nem szándékolt viselkedéséből adódnak. A felhasználók által felfedezett új alkalmazások sok esetben új piacok kialakulásához vezetnek. Ez a jelenség rámutat arra, hogy a termék értékét nem kizárólag a tervező határozza meg, hanem a felhasználói gyakorlat is. A felhasználási „hiba” így innovációs visszacsatolásként értelmezhető.

Coca-Cola – gyógyszerből üdítő

A Coca-Cola eredetileg gyógyszerként készült, azonban a recept módosítása során – az alkohol kivonása és cukorsziruppal való helyettesítése után – egy patikussegéd véletlenül szénsavas vízzel keverte össze. Ez az eltérés egy új, frissítő ital megszületéséhez vezetett, amely később a világ egyik legismertebb üdítőjévé vált (15. ábra). [17]



15. Ábra: Coca-Cola (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Coca_Cola_Flasche_-_Original_Taste.jpg, 2026.04.10.)

Buborékfólia – funkcióváltás

A buborékfóliát eredetileg tapétának szánták, azonban a felhasználók nem találták megfelelőnek erre a célra. Később felismerték, hogy kiválóan alkalmas törékeny termékek csomagolására, így a „hibás” felhasználási koncepcióból egy széles körben alkalmazott csomagolóanyag született (16. ábra). [18]



16. Ábra: Buborékfólia előállítása tapéta céljára [18]

WD-40 – felhasználói újraértelmezés

A WD-40-et eredetileg az Atlas rakéták korrózióvédelmére fejlesztették ki, vízkiszorító (Water Displacement) tulajdonsága miatt. A felhasználók azonban hamar felfedezték, hogy sokféle háztartási és karbantartási problémára is alkalmazható, így az eredeti céltól eltérően egy univerzális kenő- és lazítószerként terjedt el (17. ábra). [19]



17. Ábra: WD-40 univerzális karbantartó spray [19]

A HIBA, MINT ÉRTÉK – FILOZÓFIAI MEGKÖZELÍTÉS

A filozófiai megközelítés a selejt fogalmát az érték és tökéletesség viszonyában vizsgálja. A japán kintsugi technika és a wabi-sabi szemlélet azt hangsúlyozza, hogy a tökéletlenség nem kizárandó, hanem a tárgy történetének része.

Ebben az értelmezésben a hiba nem hiányosság, hanem jelentéshordozó elem. A javítás során kiemelt sérülések az idő és használat nyomait teszik láthatóvá, ami növeli az esztétikai és kulturális értéket. A törött kerámiákat és porcelánokat nem rejtik el, hanem a repedéseket arany, ezüst vagy platina porral kevert lakkal ragasztják össze, így téve a töréseket a tárgy új, esztétikai értékévé (18. ábra). Ez a szemlélet ellentétben áll a nyugati tökéletességorientált minőségfelfogással. A selejt így nemcsak technikai, hanem filozófiai kategóriává is válik. [20]



18. Ábra: Arannyal javított edény [20]

ÖSSZEFOGLALÓ

A vizsgált esetek rámutatnak arra, hogy a hibák és nem megfelelőségek nem kizárólag negatív jelenségek, hanem megfelelő kontextusban értékteremtő tényezővé válhatnak. A selejt különböző formái – a tervezéstől a felhasználásig – hozzájárulhatnak új funkciók, termékek vagy akár új értelmezési keretek kialakulásához.

A selejt megítélése kontextusfüggő. Ami az előállítás során hibának minősül, az más környezetben értékké válhat. A selejt nem feltétlenül végállapot, hanem – megfelelő szemlélet mellett – az innováció és a fejlődés kiindulópontja lehet.

HIVATKOZÁSOK

[1] Royston M. M. Roberts: Serendipity: Accidental Discoveries in Science, John Wiley & Sons, Inc., 1989

[2] Beretvás Gábor: A magyar film komikusa - Emlékezés az 50 éve elhunyt Latabár Kálmánra, 2020, Elérhető: filmtett.ro/cikk/a-magyar-film-komikusa

[3] Fordított Jenny – az 540 millió forintot érő tévnyomat, megtekintve: 2026.04.10. Elérhető: tevnyomat.hu/blog/134-forditott-jenny-az-540-milliot-ero-tevnyomat/

[4] Fordított nyomat. Bélyegbarát. megtekintve: 2026.04.10. Elérhető: https://belyegbarat.hu/index.php/tudastar/147-forditott-nyomat

[5] History of the world: John Walker's Friction Light, megtekintve: 2026.04.10. Elérhető: https://www.bbc.co.uk/ahistoryoftheworld/objects/hQR9oN5LTeCLcuKfPDMJ9A

[6] Leonard Koren: Wabi-Sabi for Artists, Designers, Poets & Philosophers, Stone Bridge Press, 1994

[7] 3M: About Post-it® Brand, megtekintve: 2026.04.10.
Elérhető: www.post-it.com/3M/en_US/post-it/contact-us/about-us/

[8] Hicks, J.: The Pursuit of Sweet. Science History Institute, 2010.
Elérhető: www.sciencehistory.org/stories/magazine/the-pursuit-of-sweet/

[9] The Ultimate Guide to LEGO Minifigure Misprints. BrickRanker, 2023.
Elérhető: brickranker.com/investing/the-ultimate-guide-to-lego-minifigure-misprints

[10] Are LEGO Star Wars misprints worth anything? FireStar Toys Blog, 2020.
Elérhető: blog.firestartoys.com/are-lego-star-wars-misprints-worth-anything/

[11] Matchbox Monday: The Rarest Matchbox Models of the Mattel Era, Part 6., Lamley Group, 2012.

[12] Log Off and Hit the Road: Learning from Corbu, Part 2. Metropolis Magazine, 2013

[13] Mázak – Ceramic Center. megtekintve: 2026.04.10. Elérhető: ceramiccenter.hu/mazak/

[14] Király Márton: Dom Pérignon - Az Hautvillers-i apátságtól a világ leghíresebb pezsgőjéig, mítoszok nélkül, Dining Guide, 2023

[15] A rokfort meséje. Cultura.hu, megtekintve: 2026.04.10.
Elérhető: cultura.hu/gasztro/a-rokfort-meseje/

[16] Salamon Csaba: A titokzatos Worcestershire-szósz. Magyar Konyha, 2021

[17] The Coca-Cola Company, Encyclopaedia Britannica, megtekintve: 2026.04.10.
Elérhető: www.britannica.com/money/The-Coca-Cola-Company

[18] A buborékfóliák történelme és gyártása, megtekintve: 2026.04.10.
Elérhető: www.cnc.hu/2017/07/a-buborekfoliak-tortenelme-es-gyartasa/

[19] The Story Behind WD-40 By Petroleum Service Company, 2017
Elérhető: petroleumservicecompany.com/blog/story-behind-wd-40

[20] A japán Kintsugi – az arannyal javított edények története. KarmaGuru, megtekintve: 2026.04.10.
Elérhető: www.karmaguru.hu/kintshugi-japan-arannyal-javitott-edenyek-tortenete

Szerzők:

GÖNDÖR Vera
Óbudai Egyetem Rejtő Sándor Könnyűipari és Környezetmérnöki Kar, Médiatechnológiai és Könnyűipari Intézet
Magyarország, 1034, Budapest, Doberdó út, 6.
Telefon: +(36) (1) 666-5722 E-mail: gondor.vera@rkk.uni-obuda.hu

KERTÉSZ Zoltán
Óbudai Egyetem Rejtő Sándor Könnyűipari és Környezetmérnöki Kar, Médiatechnológiai és Könnyűipari Intézet
Magyarország, 1034, Budapest, Doberdó út, 6.
Telefon: +(36) (1) 666-5722 E-mail: kertesz.zoltan@rkk.uni-obuda.hu

FENNTARTHATÓ ILLÓOLAJ-ALAPÚ FERTŐTLENÍTÉS A LEVÉLTÁRI ÁLLOMÁNYVÉDELEMBEN

PUETÁNI-HOLL Adrien, Dr. KOLTAI László,
Rendszerváltás Történetét Kutató Intézet és Levéltár, Óbudai Egyetem, Rejtő Sándor Könnyűipari és Környezetmérnöki Kar

DOI: 10.12700/TMMK.2026.012

Kivonat: *A levéltári állományvédelem egyik jelentős kihívása a penészgombák okozta mikrobiológiai károsodás. A Magyar Nemzeti Levéltár (MNL) Lángliliom utcai telephelyén 2026 áprilisában üzembe helyezett Bio-MukiPro berendezés növényi eredetű illóolaj-komponensek gőzfázisú alkalmazására épül. A tanulmány célja a technológia működési elvének, tudományos hátterének és első hazai tapasztalatainak bemutatása, továbbá a mikrobiológiai hatékonyság és az anyagkompatibilitás vizsgálatára alkalmas módszertani keret kijelölése. Négy cellulóz-acetát filmtekercs előzetes vizsgálata során a CFU- és ATP-bioluminescenciás eredmények nem mutattak egységes tendenciát; az alacsony kiindulási telepszám és a kis mintaszám miatt a fertőtlenítő hatás jelenleg nem ítélhető meg megbízhatóan. A papíralapú dokumentumokra tervezett DRBC-kontrollkísérlet, valamint a film- és papírhordozók anyagkompatibilitási vizsgálata a következő kutatási szakasz részét képezi. Az eredmények alapján a technológia ígéretes kutatási irány, de levéltári alkalmazására standardizált ajánlás csak kontrollált, reprodukálható mikrobiológiai és anyagvizsgálatok után fogalmazható meg.*

Kulcsszavak: *levéltári állományvédelem; penészgombák; illóolaj; gőzfázisú fertőtlenítés; Bio-MukiPro; cellulóz-acetát film*

BEVEZETÉS

A levéltárak, könyvtárak és múzeumok papíralapú gyűjteményeiben a penészgombák jelentős állományvédelmi kockázatot jelentenek. A mikrobiológiai aktivitás kialakulását a relatív páratartalom, a hőmérséklet, a nedvességtartalom és ezek időbeli változása egyaránt befolyásolja [4, 5]. Az állományvédelmi cél ezért nem a steril környezet létrehozása, hanem az aktív mikrobiológiai károsodás kockázatának tartós csökkentése és az újbóli növekedéshez kedvező körülmények megelőzése.

A hagyományosan alkalmazott kémiai és fizikai kezelések mikrobiológiai hatékonysága mellett figyelembe kell venni az egészségügyi, környezeti és anyagkompatibilitási kockázatokat. Az elmúlt években ezért fokozott figyelem irányult a növényi illóolajok és bioaktív komponenseik antifungális alkalmazására [1–3, 8]. E vegyületek hatása azonban koncentráció-, expozíció-, mikroorganizmus- és hordozófüggő, ezért laboratóriumi aktivitásuk nem azonosítható automatikusan levéltári környezetben igazolt fertőtlenítő hatással.

A jelen kutatás a Bio-MukiPro illóolaj-alapú, gőzfázisú technológia levéltári alkalmazhatóságát vizsgálja. A cél nem egy már validált eljárás bemutatása, hanem a berendezés első alkalmazási tapasztalatainak kritikus értékelése, a módszertani korlátok azonosítása, valamint a további validáláshoz szükséges mikrobiológiai és anyagvizsgálati lépések meghatározása.

A BIO-MUKIPRO TECHNOLÓGIA ÉS TUDOMÁNYOS HÁTTERE

A berendezés működési elve

A Bio-MukiPro kezelési ciklusa három egymást követő szakaszra épül. Elsőként nitrogén bevezetésével csökkentik a kezelőtér oxigéntartalmát, anoxiás környezetet kialakítva. Az anoxiás kezelés egyes közgyűjteményi rovarkártevők ellen önállóan is alkalmazható, hatékonysága azonban az oxigénszinttől, az expozíciós időtől, a hőmérséklettől és az adott kártevőtől függ. A második szakaszban csökkentett nyomású környezet jön létre; ennek technológiai célja a kezelőtér előkészítése, a laza szennyeződések eltávolításának elősegítése és a későbbi gőzfázisú kezelés támogatása. A harmadik szakaszban a Bio-Sol készítmény gőzfázisa kerül a kamrába. A rendelkezésre álló termékinformáció szerint a készítmény geraniolt, pinént, további növényi eredetű komponenseket és technikai etil-alkoholt tartalmaz.

A hőmérséklet, a relatív páratartalom, a nyomás/vákuum és a kezelési idő a vezérlőfelületen szabályozható. A kamra és az ajtó fűtése a kondenzáció kockázatának mérséklését szolgálja. A munkavédelmi és biztonságtechnikai megfelelőség értékelését a gyártói dokumentáció és az üzemeltetés helyén érvényes előírások alapján kell elvégezni.

Illóolajok antifungális alkalmazhatósága

Papír- és levéltári környezetben rendszeresen kimutathatók az Aspergillus, Penicillium, Alternaria és Cladosporium nemzetségek képviselői. A Trichoderma longibrachiatum egyes izolátumai állományvédelmi és humánegészségügyi szempontból is figyelmet érdemelhetnek; egy 2025-ös vizsgálat illóolaj-alapú kezelés antifungális aktivitását mutatta ki egy levéltári izolátummal szemben [2]. Az eredmény azonban nem általánosítható valamennyi törzsre és alkalmazási környezetre.

A szakirodalom alapján több illóolaj, köztük az oregánó-, rozmaring- és levendulaolaj mutatott antifungális aktivitást papíralapú kulturális örökségi anyagokhoz kapcsolódó mikroorganizmusokkal szemben [1–3, 8]. A különböző összetételű illóolajok váltakozó alkalmazása elméletileg szélesítheti a hatásspektrumot, de a rotációs stratégia levéltári hatékonysága és a csökkent érzékenység kialakulására gyakorolt hatása további kontrollált vizsgálatot igényel.

MÓDSZERTANI KERET A PAPÍRALAPÚ DOKUMENTUMOK VIZSGÁLATÁHOZ

Mikrobiológiai mintavétel és azonosítás

A kezelés megkezdése előtt indokolt a fertőzött felület mikrobiológiai jellemzése, mert az egyes gombafajok és izolátumok illóolaj-komponensekkel szembeni érzékenysége eltérhet. A mintavétel steril tamponnal vagy más validált felületi módszerrel végezhető. A tenyésztésen és morfológián alapuló azonosítás molekuláris, például ITS-régió szekvenálásával, illetve megfelelő referencia-adatbázis esetén MALDI-TOF MS vizsgálattal egészíthető ki. A fertőzés kiterjedését fényképes állapotdokumentációval, a környezeti feltételeket pedig hőmérséklet- és relatívpáratartalom-monitorozással célszerű rögzíteni.

DRBC-alapú kontrollkísérlet

A folyamatban lévő papírkísérlet célja a Bio-MukiPro mikrobiológiai hatásának ellenőrzése. A fertőzött papír felületéről vett mintából származó mikroorganizmusokat hat párhuzamos Dichloran Rose Bengal Chloramphenicol (DRBC) táptalajra oltják, majd a beoltott lemezeket a papírmintákkal együtt a kezelőkamrába helyezik. A tervezett paraméterek 25 °C, 46,1% relatív páratartalom és 48 óra expozíció. A kezelés után a lemezeket 25 °C-on 5–7 napig inkubálják. A telepnövekedés túlélő, tenyészthető mikroorganizmus jelenlétére utal; a növekedés hiánya csak azt igazolja, hogy az alkalmazott tenyésztési módszerrel életképes gomba nem volt kimutatható a vizsgált mintában.

A DRBC-lemezek biológiai indikátorként is felhasználhatók, továbbá a kamra különböző pontjain elhelyezett párhuzamos minták előzetes információt adhatnak a kezelés térbeli homogenitásáról. A módszer validálásához ugyanakkor kezeletlen pozitív kontrollok, megfelelő negatív kontrollok, reprodukált kísérleti sorozatok és kvantitatív végpontok szükségesek. A DRBC alkalmazását az ISO 21527 szabványsorozathoz kapcsolódó módszertani elvekkel összhangban, de a levéltári felületi mintavétel sajátosságainak külön dokumentálásával célszerű kezelni.

Utánkövetés

Az utánkövetésben az ATP-bioluminescencia gyors kiegészítő indikátorként alkalmazható, de nem penészgomba-specifikus és nem azonos az életképesség közvetlen mérésével. Ezért a kezelést követő időszakban ismételt, azonos protokoll szerint végzett tenyésztéses vizsgálat indokolt. A stabil raktári klíma, a megfelelő légcsere és a tartósan magas páratartalom elkerülése alapvető a mikrobiológiai károsodás újbóli kialakulásának megelőzésében [4, 5, 9].

ELŐZETES VIZSGÁLAT CELLULÓZ-ACETÁT FILMTEKERCSEN

Anyagtudományi sajátosságok

A történeti filmhordozók fő típusai a cellulóz-nitrát, a cellulóz-acetát és a poliészter. A cellulóz-nitrát fokozott tűzkockázatú; a cellulóz-acetát jellegzetes degradációs folyamata az ecetszindróma, amely ecetsavképződéssel, zsugorodással és mechanikai tulajdonságromlással járhat. A poliészter hordozók általában stabilabbak, de a film összetett rétegszerkezete miatt ezek is körültekintő kezelést igényelnek. A képalkotó rétegekben alkalmazott zselatin nedvesség- és vegyszerérzékeny, ezért új kezelés bevezetésekor a mikrobiológiai hatás mellett az anyagkompatibilitást is vizsgálni kell.

A gőzfázisú technológia potenciális előnye, hogy a kezelőszer folyadékfázisban nem érintkezik közvetlenül a filmmel. Ez azonban nem jelenti a kémiai kölcsönhatás hiányát: a geraniol, a pinén, az etanol és más illékony komponensek adszorpciója vagy diffúziója befolyásolhatja a hordozót, a zselatin kötőanyagot vagy a képalkotó réteget. A filmanyagokon történő alkalmazás ezért csak célzott kompatibilitási vizsgálatok után ítélhető meg.

Kísérleti elrendezés

Az MNL előzetes vizsgálatában négy cellulóz-acetát alapú filmtekercset kezeltek a Bio-MukiPro berendezésben. A könyvek és dokumentumok kezelésére megadott üzemi paramétereket alkalmazták: 30 °C, 46,1% relatív páratartalom és 48 óra expozíció. A kísérlet időpontjában nem állt rendelkezésre filmtekercsek kezelésére vonatkozó gyártói validálás vagy írásos alkalmazási protokoll, ezért a vizsgálat exploratív jellegű.

A mikrobiológiai állapotot kezelés előtt és után CFU/100 cm² egységben meghatározott tenyésztéses vizsgálattal értékelték az Állatorvostudományi Egyetem Élelmiszerlánc-tudományi Intézetének laboratóriumában. Ezzel párhuzamosan Lumitester Smart műszerrel ATP-bioluminescenciás mérések készültek, RLU-egységben. Az ATP-adatok kiegészítő indikátorként értelmezendők (1. táblázat).

*1. Táblázat: A cellulóz-acetát filmtekercsek kezelés előtti és utáni CFU- és RLU-értékei**

Minta	CFU előtte	CFU utána	RLU előtte	RLU utána
1	2	3	4 512	7 112
2	2	1	182	88
3	1	1	1 100	1 326
4	1	3	750	525

*Megjegyzés: kezelés 30 °C-on, 46,1% relatív páratartalom mellett, 48 órán keresztül. CFU: laboratóriumi vizsgálat, 277–280/2026 vizsgálati jegyzőkönyv; RLU: szerző saját Lumitester Smart mérései, MNL Lángliliom utca, 2026. május 5.

Eredmények és kiértékelés

A CFU-értékek nem mutattak egységes tendenciát: egy mintán csökkenés, egyen stagnálás, két mintán növekedés volt megfigyelhető. A kiindulási mikrobiológiai terhelés ugyanakkor rendkívül alacsony volt, 1–2 CFU/100 cm², ezért már egy-két telep eltérése nagy relatív változást eredményez. Négy filmtekercs és ilyen alacsony telepszám mellett statisztikailag megalapozott következtetés nem vonható le a kezelés hatékonyságáról. A különbségeket a mintavétel variabilitása, a mikroorganizmusok heterogén felületi eloszlása és a tenyésztés bizonytalansága is befolyásolhatta.

Az RLU-értékek szintén eltérő irányban változtak: két mintán csökkentek, kettőn növekedtek. Mivel az ATP-bioluminescencia nem penészgomba-specifikus és különböző biológiai eredetű maradványok is hozzájárulhatnak a jelhez, az adatokból önmagukban antifungális hatás nem állapítható meg. Az értelmezés további korlátja, hogy a filmeken jelen lévő gombaközösség taxonómiai összetétele nem került meghatározásra. A minták közötti eltérés ezért legfeljebb felveti, de nem igazolja a kezelés taxonfüggő hatékonyságát [8].

ANYAGKOMPATIBILITÁSI VIZSGÁLATOK

Papír vizsgálata

A fertőtlenítési eljárás értékeléséhez a mikrobiológiai hatékonyság mellett igazolni kell, hogy a kezelés nem okoz állományvédelmi szempontból kedvezőtlen változást. A papír higroszkópos, porózus anyag, ezért az illó komponensek adszorpciója, deszorpciója és esetleges reakciói befolyásolhatják mechanikai, optikai és kémiai tulajdonságait. Különösen indokolt különböző összetételű és öregedési állapotú papírok, például lignintartalmú savas újságpapír és tartós, savmentes nyomópapír összehasonlítása (2. táblázat).

2. Táblázat: A papír anyagkompatibilitásának javasolt vizsgálati végpontjai

Tulajdonság	Javasolt módszer/szabvány	Értelmezés
Nedvességtartalom	ISO 287	Higroszkópos egyensúly változása
Szakítótulajdonságok	ISO 1924	Rost-kötésrendszer és mechanikai integritás
Kettőshajtogatás	ISO 5626	Törékenység, használati ellenállás
Felületi/papírkivonat pH	ISO 6588 sorozat	Savasodás vagy lúgosodás nyomon követése
Színváltozás	CIE L*a*b*, ISO 5631	Optikai változás, elszíneződés
Kémiai szerkezet	ATR-FTIR	Cellulóz és esetleges maradék komponensek változásai

A konkrét elfogadhatósági határértékeket nem célszerű előzetesen, univerzális módon rögzíteni; azokat papírtípusonként, mérési bizonytalanság és restaurátori/állományvédelmi

szempontok alapján kell meghatározni. Az ATP-bioluminescencia nem anyagkompatibilitási paraméter és nem közvetlen mikrobiológiai életképességi végpont, ezért ilyen táblázatban nem indokolt elfogadási kritériumként szerepeltetni.

Film vizsgálata

Cellulóz-acetát és poliészter hordozóknál a kompatibilitás vizsgálatának ki kell terjednie a hordozóra, a zselatin kötőanyagra és a képalkotó rétegre. Az ATR-FTIR alkalmas lehet kémiai változások szűrésére, cellulóz-acetát hordozóknál pedig A-D Strip indikátoros vizsgálattal követhető az ecetsavképződés és az ecetszindróma állapota. Célszerű továbbá méret-, tömeg-, szín- és mechanikai változásokat, valamint szükség szerint mikroszkópos felületi eltéréseket is rögzíteni. A kezelést követő mesterséges öregítés segítheti a rejtett vagy késleltetett anyagkárosodás kimutatását, de az öregítési paraméterek kiválasztását az alkalmazott film- vagy papíranyaghoz és a vizsgált degradációs mechanizmushoz kell igazítani.

KÖVETKEZTETÉSEK ÉS TOVÁBBI KUTATÁSI IRÁNYOK

A Bio-MukiPro illóolaj-alapú, gőzfázisú technológiája levéltári állományvédelmi szempontból releváns és vizsgálatra érdemes megközelítés. A rendelkezésre álló adatok azonban jelenleg nem elegendők ahhoz, hogy a módszer papír- vagy filmanyagokon történő mikrobiológiai hatékonyságáról, anyagbiztonságáról vagy rutinszerű alkalmazhatóságáról általános érvényű következtetés szülessen.

A filmtekercsekkel végzett előzetes vizsgálat legfontosabb eredménye módszertani: az alacsony kiindulási CFU, a négyes mintaszám, a kezeletlen kontrollcsoport hiánya, a taxonómiai azonosítás elmaradása és az ATP-módszer korlátozott specifitása miatt a tapasztalt változások nem konkluzívak. A következő kísérleti szakaszban standardizált mintavételre, megfelelő kezelt és kezeletlen kontrollokra, reprodukált kísérletekre, taxonómiai azonosításra és előre meghatározott kvantitatív végpontokra van szükség.

Papíranyagoknál a tervezett DRBC-alapú kísérlet alkalmas lehet a mikrobiológiai hatás előzetes vizsgálatára, feltéve, hogy pozitív és negatív kontrollokkal, reprodukált kezelési sorozatokkal és a kamrán belüli pozíciók dokumentálásával egészül ki. A technológia további fejlesztésének kulcsa a mikrobiológiai hatékonyság és az anyagkompatibilitás együttes értékelése. Csak olyan kezelési paraméterek ajánlhatók levéltári gyakorlatra, amelyek reprodukálhatóan csökkentik az életképes gombaterhelést, és közben nem idéznek elő elfogadhatatlan változást a hordozó vagy a képalkotó réteg fizikai-kémiai tulajdonságaiban.

A kutatás ezért jelenlegi fázisában elsősorban egy validálási útvonalat jelöl ki. A módszer standardizálása csak több anyagtípuson, nagyobb mintaszámmal, független ismétlésekkel és hosszabb távú utánkövetéssel végzett vizsgálatok után indokolt. Ez a megközelítés egyben lehetőséget teremt arra, hogy a fenntarthatósági szempontok mellett a tudományos bizonyíthatóság és a kulturális örökségi anyagok hosszú távú biztonsága is azonos súllyal jelenjen meg.

IRODALOM

[1] Menicucci, F., Palagano, E., Michelozzi, M., Ienco, A. (2023): Essential Oils for the Conservation of Paper Items. Molecules, 28(13), 5003. https://doi.org/10.3390/molecules28135003

[2] Borriello, G. et al. (2025): A Preliminary Study on the Efficacy of Essential Oils Against Trichoderma longibrachiatum Isolated from an Archival Document in Italy. Heritage, 8(6), 187. https://doi.org/10.3390/heritage8060187

[3] Tomić, A. et al. (2023): Screening of Antifungal Activity of Essential Oils in Controlling Biocontamination of Historical Papers in Archives. Antibiotics, 12(1), 103.

[4] P. Holl Adrien (2020): Tömeges fertőtlenítési technológiák hazai és nemzetközi gyakorlata. Levéltári Szemle, 70(2), 50–59.

[5] P. Holl Adrien (2024): Levéltári anyagok állagmegőrzése. Levéltári Szemle, 74(1), 60–65.

[6] P. Holl Adrien (2025a): Újabb kutatási eredmények az illóolajos fertőtlenítés területén – Első rész. Papíripar, 69(1–2), 43–48.

[7] P. Holl Adrien (2025b): Újabb kutatási eredmények az illóolajos fertőtlenítés területén – Második rész. Papíripar, 69(3–4), 15–27.

[8] Reale, R., Medeghini, L., Botticelli, M. (2024): Stealing from Phytotherapy – Heritage Conservation with Essential Oils: A Review, from Remedy to Sustainable Restoration Product. Sustainability, 16(12), 5110. https://doi.org/10.3390/su16125110

[9] Puteáni-Holl Adrien (2023): Levéltári anyagok állagmegőrzése. Szakdolgozat, Óbudai Egyetem, Budapest.

[10] Puteáni-Holl Adrien (2025): Speciális csomagolóanyagok használata az állagmegőrzésben. Szakdolgozat, Óbudai Egyetem, Budapest.

[11] Orosz Katalin (2008): XVI–XVII. századi festett papírtárgyak vizsgálata és konzerválásuk lehetőségei. DLA értekezés, Magyar Képzőművészeti Egyetem, Budapest.

[12] Kubicza Márta (2002): Gamma sugárzással történő fertőtlenítési eljárás hatása a papír fizikai és kémiai tulajdonságaira. Papíripari Kutatóintézet Kft., Budapest.

Szerzők:

PUETÁN-HOLL ADRIEN
Rendszerváltás Történetét Kutató Intézet és Levéltár
Magyarország,1145 Budapest, Columbus utca 27-29/B.
Telefon: +(36) (1) 301-8070 E-mail: p.holl.adrien@retorki.hu

DR. KOLTAI LÁSZLÓ
Óbudai Egyetem, Rejtő Sándor Könnyűipari és Környezetmérnöki Kar
Magyarország, 1034 Budapest, Doberdó út 6.
Telefon: +(36) (1) 666-5900 E-mail: koltai.laszlo@uni-obuda.hu

A KÖRNYEZETI SZAGTERHELÉS BUDAPESTEN

HERNÁDI Bence, BUS Beáta
Pannon Egyetem Mérnöki Kar, ESG – környezeti, társadalmi és irányítási szakember MSc
Óbudai Egyetem Rejtő Sándor Könnyűipari és Környezetmérnöki Kar, Környezetmérnök MSc

DOI: 10.12700/TMMK.2026.013

Kivonat: *A szagterhelés a városi környezet mindennapi, ugyanakkor alulkutatott tényezője, amely a lakosság közérzetét és életminőségét is befolyásolhatja. Kutatásunk célja a budapesti szagterhelés feltérképezése, a jellemző szagforrások azonosítása, valamint a terhelés gyakoriságának és hatásainak vizsgálata volt online lakossági kérdőív segítségével. Az eredmények alapján a szagterhelés nem csupán komfortérzeti probléma, hanem a lakóterek használatát, a szellőztetést és a mindennapi tevékenységeket is befolyásolhatja. A vizsgálat rámutat arra, hogy a lakossági tapasztalatok térbeli és időbeli elemzése értékes információt szolgáltathat a szagterhelés további vizsgálatához, valamint a megalapozottabb környezetvédelmi és várostervezési döntésekhez.*

Kulcsszavak: *környezeti szagterhelés, bűz, lakossági kérdőív*

BEVEZETÉS

A városi környezet levegőminősége hagyományosan kémiai mutatók alapján kerül értékelésre, miközben a lakosság közvetlen érzékelésén alapuló szagterhelés szakmai diskurzusban elfoglalt helye nem jelentős. Jelen kutatás a hiány pótlására vállalkozik: a budapesti lakosság szagterhelésének empirikus vizsgálatát végzi el, feltárva a leggyakoribb szagforrásokat, a terhelés gyakoriságát és a mindennapi életre gyakorolt hatásait. A téma megközelítéséhez elengedhetetlen az alapvető fogalmak és fiziológiai mechanizmusok tisztázása, a bűz típusainak rendszerezése, valamint a vonatkozó jogszabályi keretek áttekintése.

IRODALMI ÁTTEKINTÉS

A zavaró szag meghatározása

A zavaró szag (továbbiakban: bűz) a környezeti levegő szennyezésének sajátos formája, amely nem feltétlenül jár együtt toxikus hatással, mégis jelentős zavart okoz az érintett lakosság mindennapjaiban. A Szagvédelmi kézikönyv meghatározása szerint a bűz olyan szaghatással

járó légszennyező anyag vagy anyagok keveréke, amely összetevőivel egyértelműen nem jellemezhető, az adott környezetben környezetidegen, és az érintett terület rendeltetésszerű használatát zavarja. Ez a definíció rámutat a bűz kettős természetére: egyrészt objektív fizikai-kémiai tényezőkre épül, hiszen szaghatást kiváltó anyagok jelenléte szükséges hozzá, másrészt a zavarás megítélése szubjektív, mivel az egyes személyek szagérzékenysége és tűréshatára eltérő. A bűz tehát nem pusztán a levegő kémiai összetételének kérdése, hanem a környezet és az ember közötti interakció eredménye: egy anyag csak abban a kontextusban minősül bűznek, ha a lakosság azt zavarónak érzi, és az megakadályozza a terület rendeltetésszerű használatát [1].

A szagészlelés fiziológiája

A szaglás az egyik legősibb és legkomplexebb kémiai érzékelési mód az emberi szervezetben. A szagészlelés az orrüreg felső részén, a felső orrkagyló régiójában elhelyezkedő szaglóhámon történik, amelynek felületét mintegy 2,5 cm²-nyi területen a szagmirigyek által termelt nyák borítja. A szaglóhám két fő sejttípusból áll: a támasztósejtek és a közöttük helyet foglaló szaglósejtek, vagyis receptorsejtek alkotják, amelyek számát az embernél 10–20 millióra becsülik. Amikor a belélegzett levegőben lévő illékony molekulák eljutnak a szaglóhámhoz, azok a receptorsejtek felszínén lévő fehérjékhez kötődnek, ami láncreakciót indít el a sejteken belül: a kémiai jelet azonnal elektromos ingerületté alakítja át a szervezet. Ez a folyamat a szaglóidegen át a szaglóhagymába jut, majd onnan a szaglókéregbe vezet, ahol a szaginger tudatos érzékké alakul [2].

A szagészlelés során az agy nem csupán azonosítja a szagingert, hanem emocionális és viselkedéses válaszokat is generál. Evolúciós szempontból a szaglás funkciója kettős: a veszélyt jelző, romlott vagy mérgező anyagok bűzének felismerése kerülőreakciót vált ki, míg a táplálékra utaló kellemes illatok vonzást és megközelítést eredményeznek [2]. Ez a kettős mechanizmus magyarázza, hogy a környezeti bűz nem csupán esztétikai kellemetlenséget okoz, hanem alapvető élettani válaszokat (hányingert, fejfájást, köhögést, szorongást) is kiválthat, még akkor is, ha a szagkibocsátó anyagok koncentrációja az egészségügyi határérték alatt marad [4]. A szubjektív észlelés egyéni változékonysága, amely függ a szaglóhám állapotától, az életkortól, a nemtől és a korábbi expozíciótól és miatt a bűzterhelés megítélése és szabályozása különösen nehéz feladat [2].

A bűz típusai

A környezeti bűzforrások származásuk és jellegük szerint több kategóriába sorolhatók. A Szagvédelmi kézikönyv megkülönböztet ipari, mezőgazdasági és települési szagforrásokat. Az ipari bűzkibocsátás közé tartoznak a vegyipari üzemek, a petrolkémiai feldolgozók, a papír- és cellulózipar, valamint a fémfeldolgozó létesítmények kibocsátásai. A mezőgazdasági szagforrások között az állattartó telepek, a trágyakezelés és -tárolás, illetve a szarvasmarha- és baromfitartás kibocsátásai szerepelnek. A települési szagforrások pedig magukban foglalják a kommunális hulladéklerakókat, a szennyvízkezelő telepeket és a csatornarendszereket, továbbá

az éttermi és élelmiszeripari kibocsátásokat, illetve a közlekedésből eredő kipufogógáz-szaghatásokat [1].

A szagforrások emissziója lehet pontforrás-szerű, azaz egy meghatározott kibocsátási ponton keresztül jut a környezetbe, vagy diffúz, amikor a szaganyagok kiterjedt felületről, például egy nyitott tároló vagy egy csatornahálózaton át kerülnek a levegőbe. A forrás típusa meghatározza a terjedés és a terhelés jellegét: a pontforrások esetén a szagkoncentráció a távolság növekedésével jellemzően gyorsabban csökken, míg a diffúz források szélesebb területen okozhatnak alacsonyabb, de tartósabb szagterhelést. Budapest területén végzett lakossági felmérések alapján a leggyakrabban jelentett zavaró szagforrások a csatornarendszer, a kommunális hulladékkezelés, az éttermi kibocsátás és a közlekedés, ami megerősíti, hogy a fővárosban elsősorban települési típusú szagterhelés érvényesül [8].

Jogszabályi háttér

A magyar környezetjog a bűzterhelést a levegővédelem részeként kezeli. A környezet védelmének általános szabályairól szóló 1995. évi LIII. törvény megfogalmazza, hogy mindenkinek joga van a környezetvédelmi követelményeknek megfelelő, egészséges környezetre, és kötelessége annak megóvása. A törvény alapelvként rögzíti a környezeti levegő olyan mértékű terhelésének tilalmát, amely légszennyezést vagy a lakosságot zavaró bűzt okoz [5].

A 306/2010. (XII. 23.) Korm. rendelet a levegő védelméről a következő alapelvet használja: kimondja, hogy tilos a levegő lakosságot zavaró bűzzel való terhelése, és előírja, hogy a bűzkibocsátással járó tevékenységet az elérhető legjobb technika alkalmazásával kell végezni. Ha ez nem elegendő a zavaró bűzterhelés megelőzésére, további műszaki követelmények, például szaghatáscsökkentő berendezés alkalmazása írható elő; végső esetben a tevékenység korlátozható, felfüggeszthető vagy megtiltható. A rendelet tartalmazza a bűz jogi fogalmát is, valamint meghatározza a védelmi övezet kialakításának kötelezettségét a bűzkibocsátó létesítmények hatásterületén [6].

A 6/2011. (I. 14.) VM rendelet a levegőterheltségi szint és a helyhez kötött légszennyező források kibocsátásának vizsgálatával, ellenőrzésével, értékelésével kapcsolatos szabályokat állapít meg. Bűzkibocsátó források esetén a rendelet előírja a szagkibocsátás időszakos olfaktometriás mérését és ellenőrzését az MSZ EN 13725 szabvány alapján. Lakóterület, üdülőterület vagy intézményi terület hatásterületén felmerülő panasz esetén a környezetvédelmi hatóság kötelezheti a bűzszennyezettség mérését [7].

Nemzetközi összehasonlításban a szagvédelmi szabályozás jelentős változatosságot mutat. Bokowa és munkatársai 2021-es világszerte áttekintő tanulmánya kimutatja, hogy az egyes országok eltérő megközelítést alkalmaznak: egyes államok szagkoncentráció-határértékeket állapítanak meg, mások a szag gyakoriságára vonatkozó relatív gyakorisági küszöböket használnak, ismét mások pedig az emisszió csökkentését szolgáló technológiai követelményekre építenek. A tanulmány rávilágít arra is, hogy a szabályozás hatékonyságát

alapvetően meghatározza, hogy az adott jogrendszer miként viszonyul a szagészlelés szubjektív voltához, és milyen eszközökkel közelíti meg az értékelhetőség problémáját [3].

MÓDSZERTAN

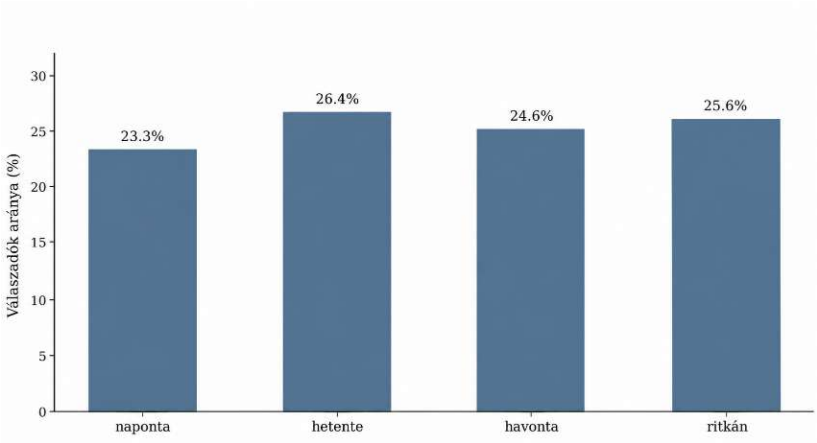
A kérdőív kérdései közül hat kerül bemutatásra, amelyek három logikai blokkra tagolhatók. Az első blokk a demográfiai és lakókörnyezeti háttérre vonatkozik: a válaszadó nemét vagy identitását, a budapesti kerületét és a lakókörnyezetben töltött időtartamát rögzíti. A második blokk a szagterhelés jellemzőit tárja fel: a zavaró szagok előfordulási gyakoriságát, a leggyakrabban észlelt szagtípusokat és a szagok zavaró voltának mértékét vizsgálja. A harmadik blokk a szaghatások következményeire fókuszál: a kellemetlen szagok közérzetre, hangulatra és napi aktivitásra gyakorolt hatását, valamint a viselkedéses alkalmazkodást, például ablakzárást, útvonal-módosítást vagy tevékenység-halasztást méri fel.

Az adatok feldolgozása és az eredmények bemutatása több lépésben történik. Először leíró statisztikai elemzés keretében összesítjük a válaszadások megoszlását, amellyel a szagterhelés gyakorisága, a domináns szagforrások és az egyes hatástípusok előfordulása válik átláthatóvá. Ezt követően a szagterhelés gyakorisága, a szagok zavaró mértéke, valamint a közérzetre és a mindennapi tevékenységekre gyakorolt hatások közötti összefüggéseket vizsgáljuk.

Az eredmények térbeli megjelenítése QGIS nyílt forráskódú térinformatikai szoftverrel történik. A válaszadók lakóhelyének kerületére vonatkozó adat lehetővé teszi, hogy a szagterhelés gyakorisága, a domináns szagtípusok, a zavarás mértéke és a szaghatások mindennapi életre gyakorolt hatása kerületenként, tematikus térképeken jelenjen meg. Ez az ábrázolásmód a szagterhelés egyenlőtlen térbeli eloszlását teszi láthatóvá, és a várostervezők, valamint a környezetvédelmi hatóságok számára is értelmezhető, beavatkozást segítő információt szolgáltathat.

KUTATÁSI EREDMÉNYEK

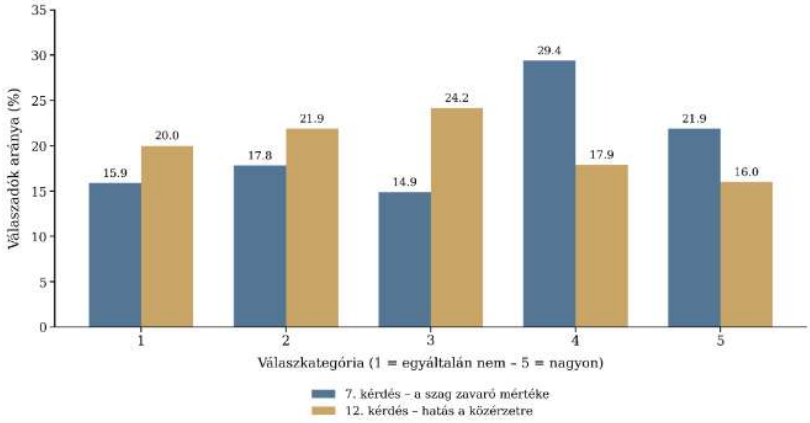
A kérdőíves felmérésben részt vevő 2088 budapesti válaszadó tapasztalatai alapján a zavaró környezeti szagok észlelése nem alkalmi, hanem visszatérő jelenségnek mutatkozik a válaszadói mintában. A minta közel egynegyede naponta (23%), másik része hetente (26%), havonta (25%), illetve ritkán (26%) érzékel ilyen szagokat a lakókörnyezetében (1. ábra). A négy gyakorisági kategória közötti különbség mindössze néhány százalékpont, vagyis a mintában nem különül el élesen egy tipikusan „ritka” vagy „mindennapos” tapasztalási minta. A szagészlelés viszonylag egyenletesen oszlik meg az alkalmi és a rendszeres előfordulás között, ugyanakkor azok aránya, akik legalább hetente szembesülnek a jelenséggel, összességében a válaszadók közel felét teszi ki.



1. Ábra: A zavaró környezeti szagok észlelésének gyakorisága a válaszadók körében

A szagok jellegét tekintve a válaszadók leggyakrabban az „egyéb" kategóriát jelölték meg (a minta csaknem 60%-a), amit a közlekedési eredetű szagok követnek, ezeket a válaszadók több mint fele (53%) említette. Az állati eredetű (35%) és a növényi, természetes (30%) szagok lényegesen kisebb, de még mindig jelentős arányban fordultak elő, míg az ipari eredetű szagokat a válaszadóknak kevesebb mint egytizede (8%) jelölte meg. Mivel a kérdésre több válasz is adható volt, a válaszadók jelentős része egyszerre több szagtípust is megjelölt, ami arra utal, hogy a lakosság a zavaró szagokat jellemzően nem egyetlen, hanem több, egymással is keveredő forrásból eredezteti.

Külön figyelmet érdemel, hogy a szagok zavaró jellegének szubjektív megítélése és a mindennapi közérzetre gyakorolt hatásuk nem mozog együtt azonos mértékben. A 7. kérdésre adott válaszok szerint a válaszadók több mint fele (51%) a legmagasabb két kategóriában (4-es vagy 5-ös) jelölte meg, mennyire tartja zavarónak az általa érzékelt szagokat, és a leggyakoribb válasz éppen a 4-es érték volt (29%). Ezzel szemben a 12. kérdés, amely a közérzetre, hangulatra vagy napi aktivitásra gyakorolt hatásra vonatkozott, jóval visszafogottabb képet mutat: a válaszok kétharmada (66%) az alacsonyabb, 1–3 közötti tartományba esik, és a leggyakoribb válasz a középső, 3-as kategória (24%) volt (2. ábra). A két megoszlás közötti eltérés arra utal, hogy bár a válaszadók a szagokat önmagukban jelentős mértékben zavarónak élik meg, ez a zavaró hatás a mindennapi működésükre és hangulatukra nem minden esetben fejt ki ugyanolyan mértékű hatást. A szagészlelés tehát a válaszadók jelentős részénél inkább kellemetlen, mintsem közvetlenül korlátozó tapasztalatként jelenik meg.



2. Ábra: A szagok zavaró mértékének és a közérzetre gyakorolt hatásának összehasonlítása

A viselkedésre gyakorolt hatás vizsgálatakor ugyanakkor kiderül, hogy a szagok mégis nyomot hagynak a mindennapi rutinban: a válaszadóknak csupán egyötöde (21%) nyilatkozott úgy, hogy emiatt soha nem kellett ablakot zárnia, útvonalat módosítania vagy tevékenységet elhalasztania, míg a többség legalább alkalmanként (34%), sokan pedig ritkán (23%) vagy akár gyakran (22%) kényszerült ilyen jellegű alkalmazkodásra.

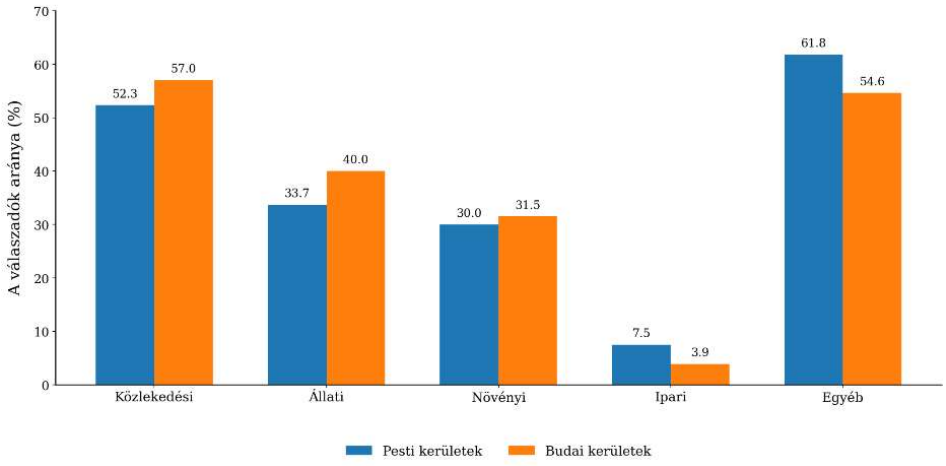
A nemek szerinti összehasonlítás figyelemre méltó különbséget rajzol ki a zavaró mérték megítélésében. Amíg a férfi válaszadók körében a válaszok viszonylag egyenletesen oszlanak meg az öt kategória között, a legnépesebb csoport, a 4-es válasz is csak a férfiak mintegy 24%-át tömöríti, addig a női válaszadóknál a válaszok jóval koncentráltabban a magasabb kategóriák felé tolódnak: a nők közel egyharmada (31%) jelölte a 4-es értéket, az 5-ös kategóriában pedig a nők aránya is valamelyest meghaladja a férfiakét. A mintázat azt mutatja, hogy a női válaszadók összességében nagyobb arányban minősítik kifejezetten zavarónak az általuk észlelt szagokat, mint a férfi válaszadók; ez az eltérés önmagában azonban nem enged ok-okozati következtetést, csupán a megítélésbeli különbség tényét jelzi.

Hasonlóan informatív az az elemzés, amely azokra a válaszadókra fókuszál, akik a 12. kérdésre az „5”-öt, azaz a legerősebb közérzeti hatást jelző választ adták. Ebben a csoportban a napi és a heti gyakoriságú szagészlelés együttes aránya (54%) meghaladja a teljes minta ugyanezen mutatóját (50%), miközben a ritka előfordulás aránya (23%) alacsonyabb, mint a mintában mért átlagos 26%. Ez a tendencia arra utal, hogy a gyakoribb, napi vagy heti szintű szagészlelés együtt járhat a közérzetre gyakorolt erősebb szubjektív hatással, anélkül természetesen, hogy ebből közvetlen ok-okozati kapcsolat következne.

A lakóhelyen eltöltött idő és a viselkedés változásának összefüggése is tanulságos mintázatot mutat. A tíz évnél régebb óta ugyanabban a lakókörnyezetben élők körében azok aránya, akik soha nem tapasztaltak emiatt semmilyen alkalmazkodást, alacsonyabb (17%), mint a teljes minta átlaga (21%), ezzel párhuzamosan pedig az alkalmankénti alkalmazkodásról beszámolók aránya ebben a csoportban kifejezetten magas, a válaszadók mintegy kétötödét (40%) is eléri. A hosszabb ideje azonos lakókörnyezetben élők tehát nagyobb arányban számolnak be legalább alkalmankénti viselkedésváltozásról, mint a minta egésze, ami összhangban állhat azzal, hogy

a hosszabb idő alatt több szaghatási tapasztalat halmozódhat fel. Ezt azonban a rendelkezésre álló adatok csak közvetve támasztják alá.

A földrajzi elhelyezkedés szerinti bontás a szagtípusok jellegében is markáns különbségeket tár fel. A pesti kerületekben élő válaszadók között az ipari eredetű szagok említési aránya (7%) csaknem kétszerese a budai kerületekben mértnek (4%), ami összhangban állhat a főváros két oldalának eltérő ipari-gazdasági szerkezetével. Ezzel szemben az állati eredetű szagokat a budai válaszadók nagyobb arányban (40%) jelölték meg, mint a pestiek (34%), a közlekedési eredetű szagok tekintetében pedig szintén a budai kerületekben valamivel magasabb az arány (57%, a pesti 52%-hoz képest). A növényi, természetes eredetű szagok előfordulása a két terület között alig különbözik (30%, illetve 32%), az „egyéb" kategóriát azonban a pesti válaszadók valamivel gyakrabban jelölték meg (62%), mint a budaiak (55%). Ezek a különbségek arra utalnak, hogy a főváros eltérő beépítettségi, zöldfelületi és ipari adottságai a lakosság által észlelt szagprofilban is megjelenhetnek (3. ábra).



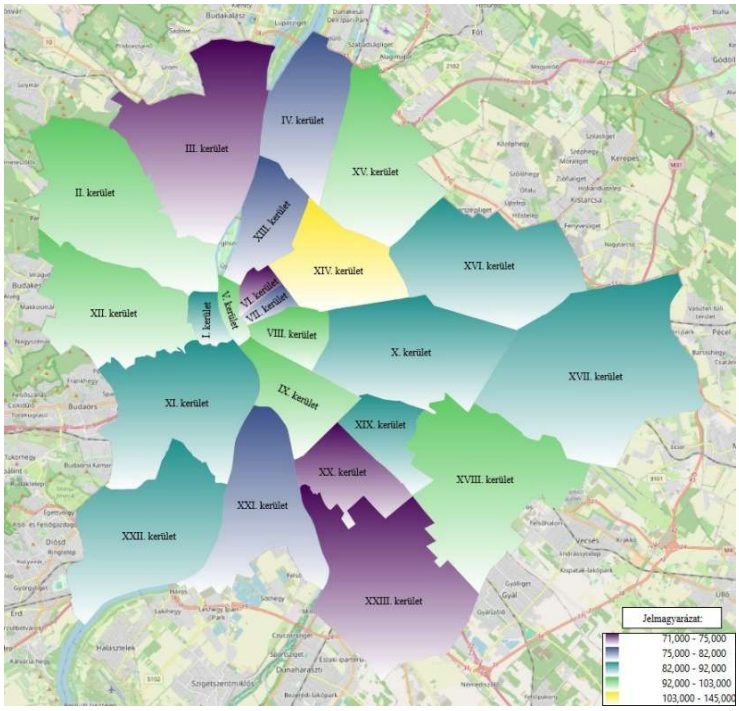
3. Ábra: – A leggyakrabban észlelt szagtípusok a pesti és a budai kerületekben élő válaszadók körében

Térinformatikai elemzés

A kérdőíves felmérés eredményeinek térbeli értelmezéséhez a QGIS nyílt forráskódú térinformatikai szoftver alkalmazásával végeztünk térbeli elemzéseket. A vizsgálat célja a válaszadók által jelzett szagterhelés, valamint a feltételezett szagforrások térbeli eloszlásának és összefüggéseinek feltárása, ezáltal a területi mintázatok és potenciális kibocsátó források előzetes azonosítása volt.

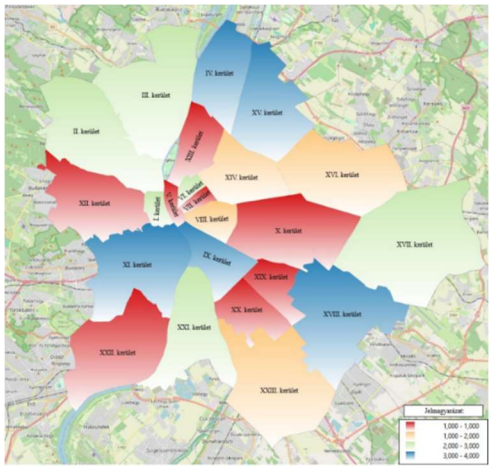
A közigazgatási határok EOV X és Y koordinátáit, valamint a kapcsolódó shape fájlokat az OpenStreetMap adatbázisából nyertük, majd vektoros rétegként importáltuk a QGIS-be. A kérdőíves válaszok kerületre és lakókörnyezet-típusra vonatkozó adatait Excelben előzetesen feldolgoztuk, CSV formátumban mentettük, majd a kerületi határréteggel összekapcsoltuk. Az eredményeket öt egyenlő intervallumú osztályba soroltuk és egyedi színkódokkal jelenítettük meg (4. ábra). A kategorikus válaszok térinformatikai feldolgozásához számszerűsítésre és

súlyozásra volt szükség. A változókat a legalacsonyabb expozíciótól, illetve hatástól a legmagasabbig terjedő skálán kódoltuk, amely lehetővé tette a hőtérképek elkészítését. Például a lakókörnyezet esetében az 1-es érték az ipari vagy forgalmas közlekedési környezetet, a 4-es a kertvárosi, zöldövezeti területet; a szaggyakoriságnál az 1-es a ritka vagy hiányzó, a 4-es a napi előfordulást jelölte.



4. Ábra: A válaszadók kerületi lakóhelyi eloszlásának ábrázolása

A válaszadók kerületi megoszlása jelentős területi egyenlőtlenséget mutatott: a III., VI., XX. és XXIII. kerületből érkezett a legkevesebb, míg a XIV. és XXI. kerületből a legtöbb értékelhető válasz. Ez az eltérés az egyes kerületek szagterhelési mutatóinak bizonytalanságát is befolyásolja, mivel az alulreprezentált területeken kisebb, míg a nagyobb elemszámú kerületekben megbízhatóbb mintanagyság áll a rendelkezésünkre (5. ábra). A térbeli elemzés ugyanakkor alkalmas lehet olyan területi mintázatok feltárására, amelyek egy későbbi, rendszeres monitoring részeként a környezetvédelmi hatóságok ellenőrzési és vizsgálati tevékenységének célzottabb támogatását is szolgálhatják.



5. Ábra: Az észlelt bűz előfordulási gyakoriságának ábrázolása

KÖVETKEZTETÉSEK

A kérdőíves felmérés 2088 budapesti válaszadó tapasztalatai alapján arra utal, hogy a zavaró környezeti szagok a vizsgált lakossági mintában visszatérő környezeti problémát jelentenek. A válaszadók mintegy fele legalább heti rendszerességgel számolt be kellemetlen szaghatásról, miközben több mint felük a szaghatást a négyes vagy ötös kategóriában, tehát kifejezetten zavarónak minősítette. Közel négyötödük jelezte azt is, hogy legalább alkalmanként ablakot zárt, útvonalat módosított vagy tevékenységet halasztott emiatt. Mindez azt mutatja, hogy a szagterhelés nem kizárólag komfortérzeti kérdésként jelenik meg, hanem bizonyos esetekben a mindennapi életvitelt is befolyásolhatja.

Az eredmények ugyanakkor nem értelmezhetők Budapest teljes lakosságára nézve reprezentatív becslésként, mivel a minta önkéntes, online adatfelvételből származott. A válaszok kerületenkénti megoszlása sem volt egyenletes, ezért az egyes területekre vonatkozó eredmények eltérő bizonytalansággal értelmezhetők. A magasabb válaszszám önmagában nem bizonyítja egy adott kerület nagyobb szagterhelését, ugyanakkor jelzi azokat a területeket, ahol a lakosság részéről fokozottabb érdeklődés vagy problématapasztalat jelentkezhet.

A nemek szerinti eltérések szintén kizárólag a vizsgált mintán belül értelmezhetők, mivel a válaszadók demográfiai összetétele nem tükrözte Budapest teljes lakosságának szerkezetét. Az eredmények ezért elsősorban a szagterhelés további, célzott vizsgálatának megalapozására, valamint a térbeli és időbeli monitoring fejlesztésére alkalmasak.

A kutatás egyik fontos tanulsága, hogy a lakossági tapasztalatok jelentős információt hordozhatnak a szagterhelés térbeli és időbeli mintázatainak feltárásában. A kérdőíves adatok térinformatikai elemzése olyan területi különbségekre hívhatja fel a figyelmet, amelyek további hatósági vizsgálatok vagy célzott mérési kampányok kiindulópontjai lehetnek. A hosszabb távú cél ezért egy olyan egységes monitoringmegközelítés kialakítása lehet, amely a lakossági észleléseket, a meteorológiai adatokat, a rendelkezésre álló mérési eredményeket és az ismert vagy feltételezett szagforrásokra vonatkozó információkat összehangoltan kezeli.

A szagterhelés hatékonyabb kezelése szempontjából ezért nem önmagában a panaszok számának növelése, hanem az azokból származó információk rendszerezése, térbeli és időbeli összevetése, valamint a hatósági döntéshozatalba történő integrálása lehet a meghatározó irány.

MEGOLDÁSI JAVASLAT

A levegő védelméről szóló 306/2010. (XII. 23.) Korm. rendelet egyértelműen tiltja a levegő lakosságot zavaró bűzzel való terhelését, a bűzzel járó tevékenységek esetében pedig az elérhető legjobb technika alkalmazását, egyes engedélyköteles létesítményeknél pedig védelmi övezet kialakítását írja elő. A szabályozás tehát megfelelő jogi keretet biztosít, a gyakorlati nehézséget elsősorban a bűzhatás időszakos és változó jellege, valamint annak megfelelő dokumentálása és objektív értékelése jelenti.

A probléma kezelésének egyik lehetséges iránya egy hatóságok számára hasznosítható, egységes környezeti szagmonitoring rendszer kialakítása lehet. A rendszer célja nem kizárólag a lakossági panaszok nyilvántartása, hanem a különböző forrásokból származó információk strukturált összekapcsolása lenne. Ennek keretében a lakossági észlelések mellett meteorológiai adatok (például szélirány, szélsebesség és hőmérséklet) a rendelkezésre álló mérési eredmények, az ismert szagkibocsátó létesítmények, valamint a korábbi hatósági intézkedések és panaszok is egységes adatbázisban kezelhetők lennének.

Egy ilyen monitoringrendszer lehetővé tenné a szagterhelés térbeli és időbeli mintázatainak folyamatosabb vizsgálatát, a visszatérően érintett területek azonosítását, valamint a lehetséges szagforrások és meteorológiai körülmények közötti kapcsolatok feltárását. A rendszer ezáltal támogathatná a környezetvédelmi hatóságok kockázatalapú ellenőrzéstervezését és a célzott mérési kampányok kijelölését. A lakossági adatok ugyanakkor önmagukban nem tekinthetők a jogsértés bizonyítékának; azok elsősorban jelző- és döntéstámogató információként szolgálhatnak, amelyeket szükség esetén műszeres vagy olfaktometriás vizsgálatokkal kell kiegészíteni.

A monitoringrendszer fejlesztésével párhuzamosan fontos feladat a lakossági szemléletformálás is. A lakosság számára közérthető tájékoztatás szükséges a szagterhelés lehetséges forrásairól, a meteorológiai tényezők szerepéről, a szaghatás és az egészségügyi kockázat közötti különbségről, valamint a környezetvédelmi hatósági eljárások működéséről. A szemléletformálás hozzájárulhat ahhoz, hogy a lakossági észlelések minél pontosabban és következetesebben kerüljenek dokumentálásra, ezáltal javítva a későbbi szakmai értékelés lehetőségét.

HIVATKOZÁSOK

[1] Béres, A. – Ágoston, Cs. – Lovrityné Kiss, B. (2014): *Szagvédelmi kézikönyv*, Magyarország – Szagvédelmi_kézikönyv_2014.pdf

[2] Sharma, A. – Kumar, V. (2019): *Sense of Smell: Structural, Functional, Mechanistic Advancements and Challenges in Human Olfactory Research*, Current Neuropharmacology, 17(9), pp. 891–911. https://doi.org/10.2174/1570159X17666181206095626

[3] Bokowa, A. – Diaz, C. – Koziel, J. et al. (2021): *Summary and Overview of the Odour Regulations Worldwide*, Atmosphere, 12(2), 206. https://doi.org/10.3390/atmos12020206

[4] McKittrick, J. – Hadgraft, N. – Fry, K. L. – Mikkonen, A. T. – Mavoa, S. (2025): *Industrial Odour and Psychosocial Wellbeing: A Systematic Review*, Environments, 12(10), 364. – https://doi.org/10.3390/environments12100364

[5] 1995. évi törvény *a környezet védelmének általános szabályairól*

[6] 306/2010. (XII. 23.) Korm. rendelet *a levegő védelméről*

[7] 6/2011. (I. 14.) VM rendelet *a levegőterheltségi szint és a helyhez kötött légszennyező források kibocsátásának vizsgálatával, ellenőrzésével, értékelésével kapcsolatos szabályokról*

[8] Hernádi, B. (2026): *Zavaró környezeti és allergizáló szaghatások forrásainak vizsgálata Budapesten*, SZOFIKON 2026 – II. Szentágothai Felsőoktatási Interdiszciplináris Konferencia: Absztraktkötet – PTE TTK Szentágothai János Protestáns Szakkollégium, Pécs, pp 86-86., ISBN: 978963626549

HERNÁDI BENCE
PANNON EGYETEM MÉRNÖKI KAR
Magyarország,8200 Veszprém, Egyetem utca 10.
Telefon: +(36) (30) 233 2081 E-mail: hernadi.bence87@gmail.com

BUS BEÁTA
Óbudai Egyetem, Rejtő Sándor Könnyűipari és Környezetmérnöki Kar
Magyarország, 1034 Budapest, Doberdó út 6.
Telefon: E-mail: bus.beata@uni-obuda.hu

KARTONOK FUTTATHATÓSÁGI VIZSGÁLATA

GÖRGÉNYI-TÓTH Pál

Rejtő Sándor Könnyűipari és Környezetmérnöki Kar

Médiatechnológiai és Könnyűipari Intézet

DOI: 10.12700/TMMK.2026.014

Kivonat: *A gyógyszerek dobozai főként íves nyomtatással készülnek, majd a nyomtatott íveket stancolják és ragasztják, ezután félkész állapotban szállítják a gyógyszergyárba, ahol megtöltik. A cikkben azt vizsgáltuk, hogy a gyógyszeres dobozok íves nyomtatása kiváltható-e tekercsnyomtatással. A két technológia között lényeges különbség az, hogy tekercsnyomtatás esetén nagy mértékben csökkenthető lenne a technológiai szünet (stancológéphez szállítás, várakozás a gyártásra, gépbeállítás). A megrendelés rövidebb idő alatt alacsonyabb költséggel teljesíthető.*

Szükséges azonban azt figyelembe venni, hogy a tekercsnyomtatás során a karton fokozott fizikai igénybevételnek van kitéve, ezért a termék minőségromlásának esélye megnő. Arra keresünk választ ebben a cikkben, hogy milyen technológiával lehetséges csökkenteni vagy megszüntetni a karton felületi sérüléseinek valószínűségét, lehet-e tekercsnyomtatással inline módon nyomtatni is és stancolni is a gyógyszeres dobozokat.

A vizsgálat során dobozgyártásnál használatos kartonok fizikai tulajdonságainak nedvesség hatására történő változását mérjük. Célunk, hogy meghatározzuk azt a nedvesség-mennyiséget, mely elég ahhoz, hogy a karton futtatható legyen az automata tekercsnyomó gépeken anélkül, hogy fizikai változás lenne rajta. A mérések során meghatározott ISO szabványok szerint próbadarabokat használtunk.

Kulcsszavak: *gyógyszeres doboz, tekercsnyomtatás, stancolás*

BEVEZETÉS

A cikk azt vizsgálja, hogy a kartonok íves nyomtatása kiváltható-e tekercsnyomtatással. A két technológia között lényeges különbség, hogy tekercsnyomtatás esetén csökkenthető a technológia szünet, ezáltal a megrendelés rövidebb idő alatt alacsonyabb költséggel teljesíthető, cégünk versenyképesebb marad a piacon. Szükséges azt figyelembe venni, hogy a tekercsnyomtatás során a karton fokozott fizikai igénybevételnek van kitéve, ezért a termék minőségromlásának esélye megnő. Arra keresünk választ, hogy milyen technológiával lehetséges csökkenteni vagy megszüntetni a karton felületi sérüléseinek valószínűséget. A vizsgálat során dobozgyártásnál használatos kartonok fizikai tulajdonságainak nedvesség hatására történő változását mérjük. Célunk, hogy meghatározzuk azt a nedvesség-mennyiséget, mely elég ahhoz, hogy a karton futtatható legyen az automata tekercsnyomó gépeken anélkül, hogy

fizikai változás lenne rajta. A mérések során meghatározott ISO szabványok szerint próbadarabokat használtunk. A 21. században a nyomdaipari cégek számára a vevők által támasztott követelményeknek való megfelelés egyre nagyobb kihívás. A rendkívül erős piaci verseny miatt a nyomdák szeretnék a megrendelést minél gyorsabban minél jobb minőségben teljesíteni, ezért a vállalatoknak kifizetődő lehet új generációs nagy teljesítményű gépparkba beruházni, emellett nagy hangsúlyt fektetnek a különféle nyomdaipari műveletek közötti technológiai szünetek lecsökkentésére. A vizsgálatok során gyógyszer dobozkarton futtathatósági vizsgálatával foglalkozunk. A kartonokat gyakorlatban íves technológiával nyomtatják, viszont ez a módszer időigényes. A nyomtatás után a dobozformákat ki kell stancolni a kartonból, erre a feladatra külön gép és munkaerő szükséges. Megvizsgáljuk, hogy milyen módon lehetséges kartonokat tekercsnyomó gépen nyomtatni úgy, hogy a puffertároló hengerein történő átvezetéskor ne sérüljön meg a papír. A kartonok nagy hajlítómerevségű anyagok, túlzott mértékű hajlítás során felületük repedezik, veszít a minőségéből és esztétikailag is kifogásolható. A cikk vizsgálatai során a kartonok különböző fizikai jellemzőit tanulmányozzuk, és megoldást keresünk arra, hogy a karton hajlítómerevsége lecsökkenjen olyan mértékben, hogy a tekercsnyomó gépből sérülés nélkül távozzon. Ezt legegyszerűbben a karton nedvességtartalmának változtatásával tudjuk elérni, a rendelkezésünkre álló technológia is erre ad lehetőséget.

INFORMÁCIÓ

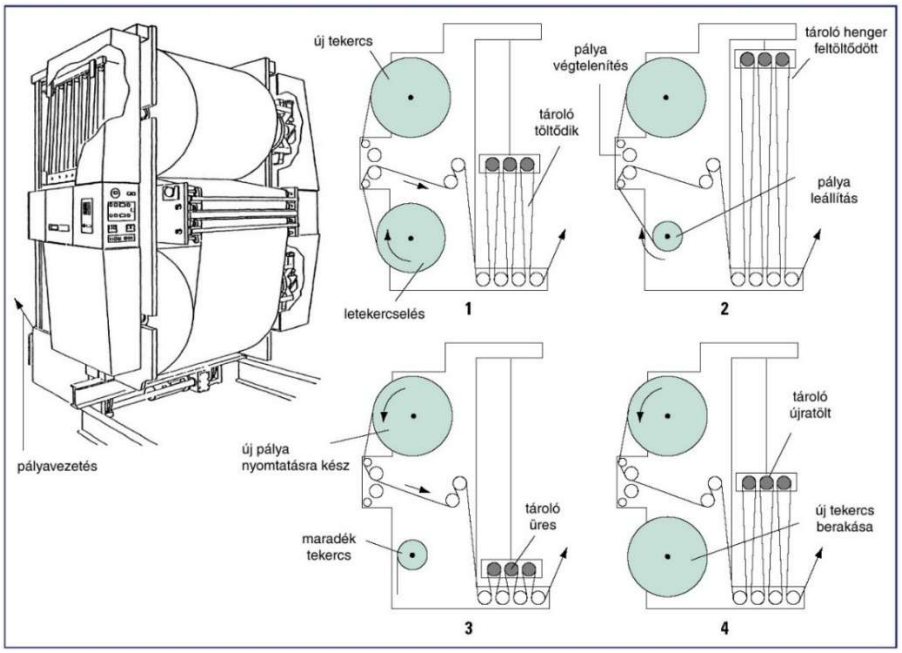
Európai viszonylatban a teljes elállított papírmennyiség 40%-át teszik ki csomagolási célú papírok. Ezt az előkelő helyet kiváló tulajdonságainak köszönheti, melyek között meg kell említenünk a környezetbarát, természetes és olcsó alapanyagát, könnyű nyomtathatóságát és többszöri újrafelhasználhatóságát. Az előállításhoz szükséges papírpép módosításával az íves csomagolóanyag lapok különböző tulajdonságokkal ruházhatók fel, melyeket hajtogatással, ragasztással különböző csomagolóeszközzé alakíthatunk. Hátrányos tulajdonságai között megemlíthetjük a gyenge szakítószilárdságát, műanyagénál alacsonyabb nedvesszilárdságát, illetve aromazáró képessége sem kiemelkedő.

Napjainkban a kartonok és papírlemezek gyártási technológiája nagyrészt megegyezik a papírgyártáséval. A gyártás során használatos gépeket fejlesztették tovább olyan módon, hogy kiszolgálják a kartongyártáshoz szükséges különleges igényeket. Ilyen például, hogy többrétegű kartongyártás esetén a különböző rétegeknél a karton magját alkotó anyag és azt kívül és/vagy belül burkoló réteg rostösszetétele eltér egymástól, így a több réteget különböző papírpépből kell előállítani.

Egyrétegű karton gyártása esetén a szárítást végző szitaszakasz hosszabb, a szita felett elhelyezkedő ventilátorok szívóteljesítménye magasabb. Ennek oka, hogy a kartonban található rostmennyiség magasabb, így a szárításához nagyobb energiára van szükség. Az esetek döntő részében ez sem elegendő az optimális száradáshoz, ezért több fűtött, úgynevezett elősajtoló hengert alkalmaznak.

Többrétegű karton gyártása esetén a különböző rétegeket folytonosan gyártják, majd szárítás előtt, nedvesen egymás fölé helyezve összepréselik őket. A vizet az egyrétegű kartonok gyártásához hasonlóan szárítással, préseléssel távolítják el az anyagból.

Az elmúlt 20-30 évben a tekercsnyomtatás elterjedése rohamos fejlődésnek indult. Ennek oka, hogy az elkészült nyomdatermékek jó minőségűek, nagy példányszámú kiadványok rövid idő alatt készülnek el. Az utóbbi időben különleges célra készített tekercsnyomó gépeket is kifejlesztettek. Tekercsnyomó gépeket leggyakrabban, az ofszet és a mélynyomtatás területén találunk, de jellemzőek flexo technológia alkalmazásakor is. A tekercsofszet technológia döntő részben a nagy terjedelmű és magas példányszámú kiadványok, mint a csomagolóanyag, prospektus, brossúra, napilap nyomtatásánál alkalmazott technológia. A gépek nedvesítő- és festékezőművének átalakításával alakultak ki a ma is ismert tekercsofszet gépek. A tekercsnyomó gépek és az íves nyomógépek között jelentős szerkezeti különbség van, viszont a nyomtatási eljárás, a nyomóforma közel azonos.



1. Ábra: Tekercsnyomó gép papírpuffere

A Butler rendszerű tekercstartó pufferszekrényében van lehetőség az áthaladó papírok kondicionálására (*1. ábra*). Leggyakrabban a papírfeszültség lokális egyenetlenségeit szokás csillapítani, különösen vastag papírfajtáknál, melyeknél gyűrődés és repedezés miatt minőségromlás következhet be. Egyenlőtlen papírfeszültség leggyakrabban a papírtekercs deformációjára vezethető vissza. Elméletben a tekercs tökéletes henger alakú, gyakorlatban azonban a szállítás, raktározás miatt minimálisan torzult, ovális, kúpos alakot vesz fel.

Tekercsnyomó gépek esetén az optimális megoldás, ha a vágás folyamata közvetlenül az utolsó nyomómű elhagyása után történik meg. Erre a célra felszerelhető egy végtelenített, hengerkéses egység, mely a síkban levő kész nyomatból vágja ki a formát és csak a maradék hulladékpapírt kell feltekercselni. Ezzel a megoldással jelentős idő és emberi erőforrás meg-

takarítást érhetünk el, illetve a hulladékpapír tekercs formájában könnyebben kezelhető, szállítható és újrahasznosítható.

VIZSGÁLATOK ÉS MÉRÉSEK

A vizsgálatok során arra kerestük a választ, hogy tekercsnyomtatással meg lehet-e valósítani a dobozkarton nyomtatást. A tekercsnyomógép tartalmaz egy puffertárolót, melynek hengerein a kartont átvezetve annak felülete repedezetté válik. Megvizsgáljuk, hogy melyek azok a módszerek, melyeket alkalmazva ez a minőségromlás csökkenthető. Legegyszerűbben a nyomathordozó nedvességtartalmának változtatásával tudjuk befolyásolni a minőségromlást, ezért a mérések során a nedvesítési és szárítási vizsgálatok jelentős szerephez jutnak. Célunk az, hogy meghatározzuk, hogy milyen mértékű nedvesítés szükséges, hogy a karton sérülés nélkül hajlíthatóvá váljon.

A papír alapvető fizikai vizsgálatai közé tartozik a nedvességfelvétel vizsgálata. Ezen mérés során azt vizsgáljuk, hogy a gyógyszereskarton mekkora mennyiségű vizet tud felvenni. A mérési eredmény száraz és nedves tömeg különbségének számításával határozható meg.

A nedvességfelvétel meghatározásához GC1-es dobozkartont használunk. Ez a kartontípus a leggyakrabban alkalmazott papírfajta gyógyszeresdobozok készítésénél. A mintadarabok tömege 2,96 g ± 2%. Egy kémiai mérőpoharat feltöltünk szobahőmérsékletű desztillált vízzel úgy, hogy a mintákat teljes mértékben ellepje. A mintánkat vízbe helyezzük, ezzel egy időben stoppert indítunk. A mérés időtartama alatt ügyelnünk kell arra, hogy a mintánk lehetőleg ne érjen az üvegpohár falához, illetve a víz alatt tartást minél kisebb terület megfogásával valósítsuk meg. Ezen vizsgálattal megállapítottuk, hogy desztillált vízben töltött időtartammal arányosan nő, logaritmikus emelkedést mutat egészen addig, amíg el nem éri a maximális vízfelvevő képességhez tartozó tömeget. A mérés során kapott eredmények azt mutatják, hogy a minta 540 másodperc áztatás után eléri a tömegállandóságot, ezután a víz felvevő képessége lecsökken, illetve ingadozik.

Nedvességtartalom alatt a lapszerű termékben található fizikailag (rostok között és a rostokban) megkötött víz mennyiségét mérjük. Ezt a vizsgálatot azért végezzük, hogy megállapítsuk a karton nedvességleadási tulajdonságát, ha a papírt futás közben nedvesítjük, mennyire, hogyan, milyen mértékben fog kelleni azt visszaszárítani. A mérés során arra keressük a választ, hogy a papír teljes benedvesítése után mennyi idő alatt tudjuk tömegállandóságig szárítani. Az előző mérés során megállapítottuk, hogy a teljes benedvesítéshez 540 másodperc szükséges.

A papír nedvességtartalmát gravimetriás vizsgálattal állapítottuk meg, a hiteles mérési eredményeket három minta átlagával kaptuk meg. A szárítószekrényt a mérés megkezdése előtt 104°C-ra melegítettük fel. A hőmérsékletet az ISO287:2009 szabvány írja elő. Analitikai mérlegen lemértük a klimatizált körülmények között tárolt GC1-es karton tömegét, 2,96 g-ot kaptunk. Az előző vizsgálat eredménye szerint 540 másodperc áztatás szükséges a teljes nedvesség eléréséhez, ezért a mintadarabokat erre az időtartamra szobahőmérsékletű desztillált

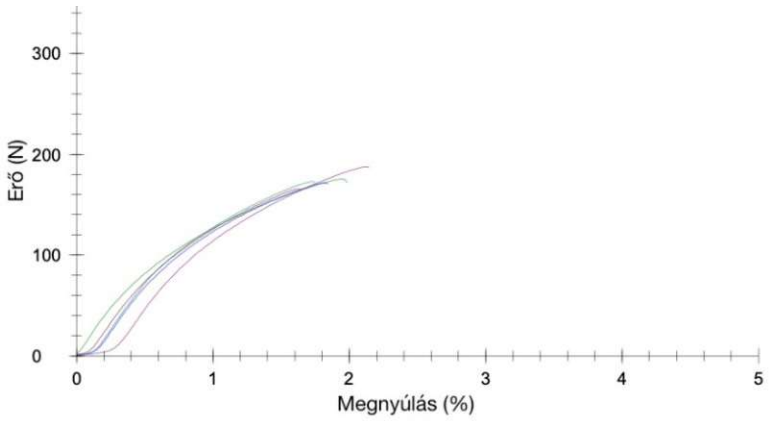
vízbe helyeztük. 540 másodperc letelte után a mintadarabokat a szárítószekrénybe helyeztük, és előírt idő letelte után ismét lemértük.

Szakítóvizsgálat

A tekercsnyomtatás során a papírpálya folyamatos húzófeszültségnek van kitéve. A mérés során arra keressük a választ, hogy a vizsgált kartonnak nedvesítés során hogyan változik a húzószilárdsága, mert tekercsnyomó gépekben a papírt puffertárolóban vezetjük, nedvesítjük és az ott ébredő húzóérő miatt a nedves szakítószilárdság meghatározása alapvető fontosságú. A vizsgálat során 350 g/m^2 négyzetmétertömegű mázolt kartont (GC1-est) használtunk.

A vizsgálatot 5-5 darab hosszirányú mintán végeztük el. Tekercsnyomtatás során húzóerő szálirányban ébred, ezért a mérés során is szálirányú mintákat vizsgálatunk. Az előírt ISO 3781:2011 szabvány szerint a mintákat 100 mm hosszú, 15 mm-es széles csíkokra vágtuk (mindkét irányban ±0,1 mm tűrés megengedett). A mintákat először szárazon, majd 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 másodperces nedvesítés után vizsgáltuk. A mintadarabokat desztillált vízzel töltött üveg főzőpohárba helyeztük, olyan módon, hogy a víz a mintadarabot teljesen ellepje. A megadott idő letelte után a mintadarabról a felesleges vizet felitattuk szűrőpapírral, és rögzítettük azt a szakítógép befogószerkezetébe. Először az alsó befogófejbe került rögzítésre, utána a felsőbe oly módon, hogy a rögzítőcsavarok meghúzásakor a számítógépen leolvasható F erőérték nullát mutasson.

A vizsgálat során arra a következtetésre jutottunk, hogy a szakítóerő és szakadási hossz tekintetében 5 másodperces, vagy annál kevesebb nedvesítési eljárás a legcélszerűbb. Ennél az eljárásnál a szakítóerő 174,58 N, amely nagyobb, mint ami tekercsnyomtatás folyamata közben ébred (*2. ábra*). A másik tényező, amit számításba kell vennünk, hogy a papír megnyúlása viszonylag kicsi, átlagosan 1,852 mm, amely a nyomat illeszkedését kellő mértékben biztosítja.



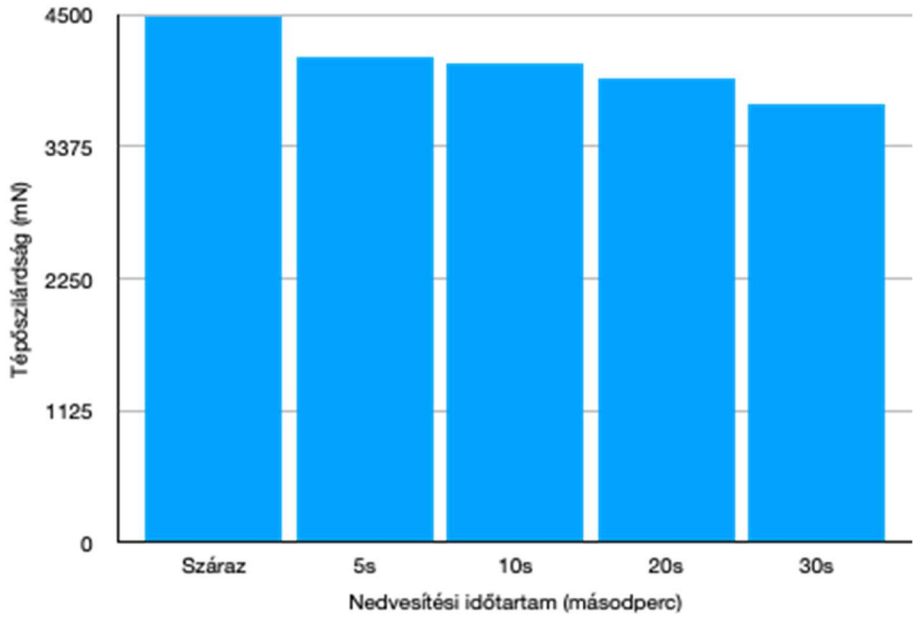
2. Ábra: 5s nedvesítés után a nyúlási görbe

Elmendorf-vizsgálat

A papír feldolgozása során nyíró igénybevételnek van kitéve. Ez az igénybevétel először beszakítja, majd továbbszakítja a papírt. A papírt nedvesíteni kell ahhoz, hogy a tekercsnyomógép puffertárolójának hengerein végig tudjon haladni, de ezzel csökken a tépőszilárd-

ága. A vizsgálat során arra keresünk választ, hogy a tépőszilárdság csökkenése milyen mértékű. Lapszerű termékek jellemzését általában a továbbtépéshez szükséges erő meghatározása az elterjedt. Az ehhez szükséges erőt mN-ban, ritkább esetben N-ban fejezzük ki. A vizsgálatot leíró szabvány az ISO 1974:2012 és úgynevezett Elmendorf tépőszilárdság mérő berendezéssel végezzük.

Általánosságban elmondható, hogy a papír szerkezeti lazaságával növekszik a tépőszilárdság (*3. ábra*). Száraz állapotban a tépési mutató értéke 14,96 mN·m^2/g értéket kaptunk. A nedvesítés időtartamának növelésével ez a szám is csökken, 5 másodperc után 13,81 mN·m^2/g. 10, illetve 20 másodperc nedvesítés után a tépési mutató 13,60 mN·m^2/g és 13,18 mN·m^2/g értékre csökken, amelynek százalékos aránya 1,53%. 30 másodperc nedvesítés után viszont nagyobb, 5,54%-os csökkenés következik be. Ilyen hosszú áztatás esetén a papír túl sok nedvességet vesz, fel, megbomlik a szerkezeti homogenitás és rostok oldódnak ki a felületből.



3. Ábra: A tépőszilárdság csökkenése a nedvesítés függvényében

Hajlítómerevség-vizsgálat

A nyomtatás során használt karton a tekercsnyomógép pufferében hengereken megy keresztül, ezért gyártási irányban jelentős hajlítóerők ébrednek. Kartonpapírok esetén az anyag merevségét nagyobbrészt a legkülső réteg merevsége határozza meg. A hajlítási merevséget a szálirány meghatározza, hosszirány esetén nagyobb. Ezen kívül függ a papír kétoldalúságától is, felső oldal irányába nagyobb erőre van szükség, mint a szitaoldal felé. A papír merevségének vizsgálatát az ISO 5628:2012-es szabvány írja elő.

10 és 25 mm-es erőkarral végeztük a méréseket, ami a tekercsnyomtató pufferegység hengereinek a sugarát reprezentálja. A vizsgálat során a maximum érték 224 mN·m, a minimum pedig 218 mN·m volt. 5 másodperc nedvesítés után a hajlítómerevség nagyon nagy mértékben,

63,98%-kal lecsökkent 79,6 mN·m-re. A további nedvesítés hatására a hajlítómerevség átlaga tovább csökkent, de messze nem olyan mértékben, mint a kezdeti nedvességfelvétel esetén. A csökkenés 10 másodperc esetén 13,57%-os volt, A hajlítómerevség értékére 68,8 mN·m átlagértéket kaptunk. 20 másodpercnél 6,4%-os és átlagosan 64,4 mN·m volt a csökkenés értéke. 30 másodperc esetén a hajlítómerevség 62,6 mN·m-nek adódott, itt már csak 2,8%-os csökkenést mértünk. A hajlítómerevség vizsgálata alapján megállapíthatjuk, hogy 5 másodperc vagy annál rövidebb ideig nedvesítve a kartont a merevsége csökken, viszont a többi fizikai tulajdonsága nem változik számottevően, tehát jobban hajlik a karton, ha nedvesebb.

A szárítási vizsgálat során azt állapítottuk meg, hogy a kartonból a nedvesség gyorsan elpárolog, ezért a hengersoron keresztül lehet vezetni jelentős elváltozás nélkül és a nyomtatás és stancolás művelete elvégezhető. A vizsgálatok során figyelnünk kellett arra, hogy a mintadarabokról a nedvességet egyformán távolítsuk el, különben a mért értékek nem fognak megfelelni a valóságnak. A vizsgálatokat laboratóriumban végeztük, ezért tekintettel kell lenni arra, hogy a gyakorlatban a karton száradását több tényező befolyásolhatja, többek között az üzem hőmérséklete, páratartalma, mozgó levegő szárító hatása, ezért ezeket az általunk kapott eredményeket össze lehet hasonlítani a gyakorlati értékekkel.

Összességében azt lehet a vizsgálatról elmondani, hogy ha a tekercsnyomó gép puffertárolójában 10 másodpercig nedvesedik a papír, akkor a hengersoron történő áthaladás közben nem sérül a felülete. A cikk témáját tovább folytatva meg lehetne vizsgálni azt, hogy milyen technológiával érdemes a vizet a papírpályára felhordani. Más típusú papírok hogyan viselkednek, vagy milyen más fizikai hatásokkal lehet csökkenteni a papír hajlítómerevségét, illetve, hogy milyen típusú korrózióvédelmi eljárásokat szükséges alkalmazni a nyomógépek hengerein, hogy a fokozott nedvességmennyiséget károsodás nélkül elviseljék.

HIVATKOZÁSOK

[1] Dr. Koltai László - Csomagoló- és papíripari anyagismeret, Óbudai Egyetem, RKK, jegyzet 2013
[2] Péter György, Szilágyi Tamás - Tekercsnyomtatás, Műszaki könyvkiadó, 1983

Szerző:

GÖRGÉNYI-TÓTH Pál
Óbudai Egyetem, Rejtő Sándor Könnyűipari és Környezetmérnöki Kar, Médiatechnológiai és Könnyűipari Intézet
Magyarország, 1034, Budapest, Doberdó út 6.
Telefon: +36 30 318 2428 E-mail: gorgenyi.pal@uni-obuda.hu

AZ ESD VÉDELEM JELENTŐSÉGE A CSOMAGOLÁSBAN

HORVÁTH Bence, TIEFBRUNNER Anna,
Óbudai Egyetem, Rejtő Sándor Könnyűipari és Környezetmérnöki Kar,
Médiatechnológiai és Könnyűipari Intézet

DOI: 10.12700/TMMK.2026.015

Kivonat: *Napjainkban a csomagolóiparban is egyre égetőbb kérdéssé válik a fenntarthatóság és a környezetvédelem témaköre. Különböző rendeletek (például a PPWR[9]) ösztönzik a csomagolóanyag-gyártókat és a csomagolóanyagokat, illetve csomagolóeszközöket felhasználó vállalatokat arra, hogy minél kisebb ökológiai lábnyommal rendelkezzenek a különböző termékek, iparcikkek csomagolásai a logisztikai láncon belül. Az összes iparágnak fel kell készülnie ezen kihívásokra, és ez alól nem kivétel az elektronikai ipar sem, amely az ESD védett csomagolóanyagok miatt nehezített pályán kell, hogy teljesítse a PPWR által kitűzött célokat. Jelen cikkünkben szeretnénk felmérni a csomagolóipar helyzetét ezzel kapcsolatban úgy, hogy áttekintjük a jelenleg alkalmazott, standardként használt csomagolóanyagok által biztosított lehetőségeket az ESD védelemben.*

Kulcsszavak: *mérnöki technológia, elektrosztatikus kisülés, csomagolás, elektronikai ipar*

BEVEZETÉS

Az elektrosztatikus kisülés (ESD – Electrostatic Discharge) egy olyan jelenség, amikor az elektrosztatikusan feltöltött felületeken felhalmozódott elektromos energia hirtelen felszabadul. Ha ez az energia közvetlenül érintkezik egy alkatrésszel – vagy akár csak annak közelében van –, az károsíthatja az érzékeny komponenseket. Az ilyen, kisülésre érzékeny elemeket elektrosztatikus kisülésre érzékeny alkatrészeknek (ESDS – Electrostatic Discharge Sensitive) nevezzük. Hogy egy alkatrész mennyire érzékeny az ESD-re, azt főként a felépítése és a felhasznált anyagok határozzák meg. Ahogy a technológia fejlődik, az alkatrészek mérete csökken és működésük gyorsabb lesz – ezzel párhuzamosan növekszik az ESD-érzékenységük is. A sztatikus elektromosság egy elektromos töltés, amely az anyagok felületén jelenik meg az elektronok egyensúlyhiánya következtében. Ez az egyensúlyhiány elektromos mezőt hoz létre, amely nemcsak mérhető, hanem képes más tárgyakra is hatással lenni bizonyos távolságból. Az elektrosztatikus kisülés tehát a különböző elektromos potenciállal rendelkező testek közötti töltéskiegyenlítődés eredménye. Az ESD jelentős hatással lehet az elektronikai alkatrészekre: megváltoztathatja azok elektromos tulajdonságait, roncsolhatja vagy teljesen tönkre teheti őket.

[9] Az Európai Parlament és a Tanács (EU) 2025/40 rendelete (2024. december 19.) a csomagolásról és a csomagolási hulladékról, az (EU) 2019/1020 rendelet és az (EU) 2019/904 irányelv módosításáról, valamint a 94/62/EK irányelv hatályon kívül helyezéséről (EGT-vonatkozású szöveg)

Emellett az elektrosztatikus kisülés működési zavarokat okozhat elektronikai rendszerekben, akár hibás működést vagy meghibásodást is előidézve. Tiszta terekben további problémát jelenthet a sztatikus elektromosság, mivel a feltöltött felületek vonzzák és megtartják a levegőben lévő szennyeződéseket. Ezek a szennyeződések megtapadhatnak például egy szilícium ostya vagy egy alkatrész felületén, ami véletlenszerű hibákat és termelési veszteségeket okozhat. Az elektrosztatikus kisülés hatékony kezeléséhez először is meg kell értenünk, hogyan keletkezik az elektrosztatikus feltöltődés. Ez leggyakrabban akkor fordul elő, amikor két azonos vagy eltérő anyag érintkezik egymással, majd szétválik. Például egy ember, aki sétál a padlón, sztatikus elektromosságot generálhat a cipő és a padló közötti érintkezés és elválás során. Hasonló módon töltődhet fel egy elektronikai eszköz is, amikor kihúzzák egy tasakból, kiveszik egy betétből. Az eszközcsomagolás, illetve a fém lábak ismétlődő érintkezése és elválása a tárolófelülettel szintén feltöltődést okozhat. Bár a keletkező sztatikus töltés mértéke változhat, minden ilyen folyamat potenciális ESD-veszélyt jelent. [1] [2] [3] [4] [5]

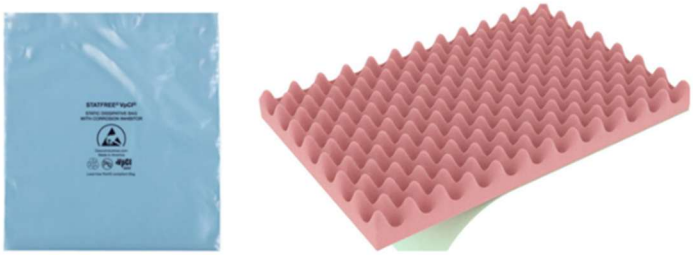
ESD VÉDELMET BIZTOSÍTÓ CSOMAGOLÓANYAGOK

Az elektronikai iparban használt ESD védett csomagolóanyagok és csomagolóeszközök vezetőképességük és összetételük alapján négy nagy csoportba sorolhatók. Az első kategóriába tartoznak az úgynevezett konduktív, vagyis vezetőképes csomagolóanyagok. A konduktív csomagolóanyagok nagyon alacsony elektromos ellenállással rendelkeznek, a felületi, valamint a térfogati ellenállásuk is bőven 104 ohm alatt marad. Legfontosabb funkciójuk, hogy az elektromos töltéseket gyorsan képesek elvezetni, mely a sok mikrochipből álló termékek csomagolásának esetében szinte elengedhetetlen. Az iparban nagyon elterjedt megoldásról beszélünk, jó példák a fekete színű, vezető műanyag dobozok, logisztikai tálcák, tasakok, habok és fóliák (1. ábra).



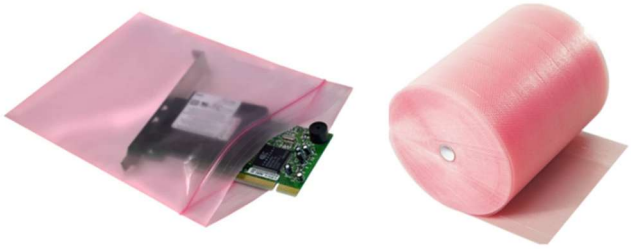
1. Ábra: ESD védett KLT láda és logisztikai tálca

A második nagy csoportba tartoznak az úgynevezett disszipatív csomagolóanyagok. A konduktív csomagolóanyagokkal szemben közepes vezetőképességgel rendelkeznek, felületi és térfogati ellenállásuk egyaránt 104-1011 ohm között mozog. Lassan, de biztonságosan vezetik a töltést a föld felé, elkerülve a hirtelen fellépő elektromos kisülést. Az iparban elterjedt disszipatív csomagolóanyagok a különböző zacskók és tasakok, logisztikai tálcák, disszipatív habok (2. ábra).



2. Ábra: Disszipatív LDPE tasak és PU habtálca

A harmadik nagy csoportot az úgynevezett antisztatikus csomagolóanyagok alkotják. Ezek legfőbb jellemzője, hogy a keletkező töltéseket nem vezetik el, viszont megakadályozzák a töltésfelhalmozódást a felületükön, ezáltal csökkentve a töltés kialakulását és vonzását. A legjellemzőbb ipari példák a rózsaszín vagy világos színű antisztatikus zacskók, illetve fóliák (3. ábra).



3. Ábra: Antisztatikus tasak és fóliatekercs

A negyedik csoportba az úgynevezett árnyékoló, vagy shielding csomagolóanyagok tartoznak. Ezesetben a csomagolóanyagokban kombinálják a konduktív vagy disszipatív rétegeket egy fémes réteggel, amely az árnyékoló réteg. Ezáltal ezek a csomagolóanyagok védelmet nyújtanak a külső ESD impulzusok ellen is, nem csak a felhalmozódott töltés ellen (4. ábra). Itt fontos megjegyezni azt is, hogy az árnyékolóréteg alkalmazásával nem csak a külső ESD veszélyek ellen védhető meg a termék, de a csomagolás párazárása is javul ezáltal. Ez védőgázos folyamatlépéssel kiegészítve alkalmas lehet a magas költségű, ezüstöt tartalmazó elektronikai alkatrészek több hónapos védelmére is.



4. Ábra: Árnyékoló zacskó

Összességében elmondható tehát, hogy az ESD védett csomagolóanyagok alapanyagfelhasználása szerteágazó, melyet a különböző igények indikálnak. A felhasznált csomagolóanyagok és eszközök típusa leginkább attól függ, hogy az elektronikai termék mekkora mértékben tartalmaz kisülésre érzékeny komponenseket. Az előzőekben ismertetett csoportokat az *1. táblázat* szemlélteti áttekinthetőbb formában.

1. Táblázat: Az ESD védelemben alkalmazott csomagolóanyagok összefoglalása

Típus	**Ellenállás tartomány (ohm)**	**Funkció**	**Ipari példa**
Konduktív	$<10^5$	Gyors töltéselvezetés	KLT láda, logisztikai tálca
Disszipatív	10^5-10^{11}	Kontrollált töltéselvezetés	Disszipatív LDPE hab
Antisztatikus	10^9-10^{12}	Töltésképződés megakadályozása	Rózsaszín ESD tasak
Árnyékoló	10^6-10^{10}	Külső ESD védelem	Ezüstszínű, árnyékoló zacskó

A konduktív csomagolóanyagok, különösen az elektrosztatikus kisülés ellen védett logisztikai tálcák gyártása speciális műanyagok és adalékanyagok felhasználásával történik, hogy megakadályozzák az elektrosztatikus feltöltődést és kisüléseket, amelyek károsíthatják az érzékeny elektronikai alkatrészeket. Az ESD védett csomagolóanyagok általában termoplasztikus polimerek, melyek jó feldolgozhatóságuk és mechanikai tulajdonságaik miatt népszerűek. A leggyakoribb alapanyagokat 2. táblázat foglalja össze a pozitív tulajdonságaik kiemelésével.

2. Táblázat: A leggyakoribb konduktív alapanyagok és tulajdonságaik

Alapanyag	**Pozitív tulajdonság**
Polipropilén (PP)	Merev, hőálló és alacsony árú
Polietilén (PE)	Rugalmas, ütésálló (jellemzően LDPE hab)
Polikarbonát (PC)	Hőálló, jó mechanikai tulajdonságú
Akrilnitril-butadién-sztirol (ABS)	Kiváló ütésálló
Polisztirol (PS)	Költséghatékony, merev (logisztikai tálcák)
Poliészter (PET)	Fenntartható, ütésálló

Önmagukban ezek az anyagok szigetelők, így a vezetőképesség elérésének érdekében adalékanyagok használata szükséges. Ezek az adalékanyagok általában töltőanyagok, ezeknek két különböző csoportját különböztetjük meg. Az egyik csoportba a szénalapú töltőanyagok tartoznak, mint a szénfekete (gyakorlatilag ipari korom – CB), a grafit, vagy az úgy nevezett karbon nanoszálak (CNT). utóbbi újabb technológia, drágább, viszont stabilabb és megbízhatóbb, illetve ellentétben a szénfeketével, nem hagy maga után nyomot, ami a tisztatéri alkalmazás miatt elengedhetetlen. A konduktív csomagolóanyagok gyártása pár egyszerű lépésből áll. Első körben az adott polimert, valamint a hozzá használni kívánt töltőanyagot

homogenizálják, majd ezt követően lemezt vagy tekercset gyártanak az így létrejött granulátumból. Ezt követően már a gyártani kívánt csomagolóeszköz szabja meg azt, hogy fröccsöntéssel vagy hőformázással dolgozzák fel az alapanyagot.

A disszipatív csomagolóanyagok esetében mindenképpen meg kell jegyezni azt a tényt, hogy egy mélyhúzott, CNT vagy CB adalékanyagokkal gyártott tálca is rendelkezhet disszipatív tulajdonságokkal konduktív helyett. Ennek egy nagyon egyszerű oka van: a gyártás során (hő és vákuumformázás vagy mélyhúzás) ezek az adalékanyagok nyúlnak az alappolimerrel együtt, így nem minden esetben jut elég CNT vagy CB egy adott felületre, térfogategységre. Ennek köszönhetően a vezetőképesség romlik, viszont a tálcán mért értékek (felületi ellenállás, térfogati ellenállás, két pont között mért ellenállás) még mindig a disszipatív skálán fognak mozogni. Így egy logisztikai tálca is lehet disszipatív csomagolószer. Klasszikus értelemben viszont ezek a csomagolóanyagok a jellegzetes rózsaszínű tasakok, habok, melyeknek a gyártásához viszont már teljesen más adalékanyagokat, töltőanyagokat használnak. Ezeknek a csomagolóeszközöknek a legfőbb alapanyagai jellemzően a polietilén (leggyakrabban LDPE vagy LLDPE), a polipropilén vagy ritkább esetben a poliuretán (hab formában). Az ESD védelem kialakításához ágenseket használnak. Ezek az ágensek leginkább ammóniumsók, polietilén-oxid vegyületek, különböző észterek (glicerin és szorbitán), valamint különböző szulfátok (alkil szulfátok) vagy szulfonátok. Ezek az adalékanyagok felületaktív szerként működnek: folyamatosan vándorolnak az anyag felszínére, és megkötik a levegőből a nedvességet, ezáltal segítenek a töltések elvezetésében. A gyártási folyamat első lépése ezesetben is a keverés, a polimer granulátumokat és az ágenseket extruder adagolóba helyezik, ahonnan a gyártási folyamat végén fólia vagy pedig hab formájában távozik az input. Az antisztatikus csomagolóanyagok gyakorlatilag ugyanígy készülnek, és ugyanilyen elven működnek annyi különbséggel, hogy a masterbatchben használt ágens mennyiséget csökkentik az antisztatikus hatás elérésének érdekében.

Az árnyékoló csomagolóanyagok több rétegből állnak, lényegében laminátumról beszélünk ebben az esetben. A belső réteg mindig egy statikus disszipatív polietilénből készülő réteg, mely megakadályozza a statikus töltések felhalmozódását a zacskó belsejében. A középső réteg egy vezetőképes fémréteg, mely fémgőzölt, és Faraday-kalitkaként működik, elvezetve a statikus töltéseket, megvédve a zacskó tartalmát. A külső réteg poliészterből készül, melyet statikus disszipatív bevonattal látnak el, hogy megakadályozza a külső statikus töltések felhalmozódását. A legtöbb zacskóban már található plusz rétegként egy nedvességzáró réteg is. A gyártási folyamat egy rendkívül egyszerű laminálási folyamat: első lépésben előkészítik a rétegezendő rétegeket, majd ezután hőközlés és nyomás segítségével laminálják őket. Ezután a laminátumot méretre és formára vágják, majd a széleket hegesztéssel zárják annak érdekében, hogy zacskó formát kapjanak. [6] [7] [8] [9]

ÖSSZEFOGLALÁS

Összegzésként elmondható, hogy az ESD védelemre kifejlesztett speciális csomagolóanyagok tulajdonságai és azok gyártási folyamatai jól rávilágítanak arra, mennyire összetett és finoman hangolt rendszerben működik az elektronikai ipar ellátási lánca. Egy-egy antisztatikus vagy

vezetőképes csomagolóeszköz mögött nemcsak anyagtudományi és gyártástechnológiai know-how áll, hanem szigorú minőségi, biztonsági és megbízhatósági követelmények is. A PPWR rendelet ezért nem pusztán környezetvédelmi vagy csomagolástechnikai kérdésként jelenik meg, hanem olyan szabályozási kihívásként, amely az alapanyag-beszerzéstől a gyártáson és minőségbiztosításon át egészen a logisztikáig az egész értékláncot érinti. Mindez különösen nagy alkalmazkodási kényszert jelent a csomagolóanyag és csomagolóeszköz gyártók, valamint a beszállítók számára, akiknek egyszerre kell megfelelniük a fenntarthatósági elvárásoknak és az elektronikai ipar rendkívül szigorú műszaki követelményeinek.

HIVATKOZÁSOK

[1] *Mi az ESD?* online: https://www.god-min.hu/l/mi-az-esd/, (2025. 11. 02.)
[2] Voldman, S. H. (2021): *The ESD Handbook*, Wiley-IEEE Press
[3] Maczkó, L. (2023): *ESD, EOS, EMC, EMI Az elektronikai termékek meghibásodási lehetőségei*, OD-MIN Vállalkozásfejlesztési Mérnöki Kft.
[4] *Mi az EOS?* online: https://www.god-min.hu/l/mi-az-eos/, (2025. 11. 06.)
[5] Matthew Fowler, M. (2020): *ANSI/ESD S541-2019: Standard for Packaging ESD Susceptible Items*, online: https://blog.ansi.org/2020/03/ansi-esd-s541-2019-electrostatic-packaging/ (2025. 11. 06)
[6] *Electrostatic Discharge Prevention with Conductive Polymer Packaging*, Plastics Engineering, online: https://www.plasticsengineering.org/2024/06/electrostatic-discharge-prevention-with-conductive-polymer-packaging-004996/ (2025. 11. 6.)
[7] *ESD (Electrostatic Discharge) protection in packaging*, online: https://www.utzgroup.com/en/company/press/news-detail/esd-electrostatic-discharge-protection-in-packaging/ (2025. 11. 3.)
[8] *ESD Packaging*, online: https://www.kivacontainer.com/custom-products/esd-packaging/ (2025.11. 2.)
[9] Kumar, R.: *Easily Dispersible Pigments*, online, https://www.pcimag.com/articles/102449-easily-dispersible-pigments, (2025.11. 4.)

Szerző(k):

HORVÁTH Bence
ÓE RKK Médiatechnológiai és Könnyűipari Intézet
Magyarország, 1036 Budapest, Doberdó út 6.
E-mail: bence.horvath@uni-obuda.hu
TIEFBRUNNER Anna
ÓE RKK Médiatechnológiai és Könnyűipari Intézet
Magyarország, 1036 Budapest, Doberdó út 6.
Telefon: +(36) 1666 5964 E-mail: tiefbrunner.anna@uni-obuda.hu

ENGLISH ARTICLES

MONITORING ATMOSPHERIC HEAVY METAL DEPOSITION USING MOSS BIOMONITORING ON THE ISLANDS OF BUDAPEST (ÓBUDA AND MARGARET ISLAND)

ÁGNES Bálint, LŐRINCZ Komlós, XUECHU Wang, CSABA Mészáros
Óbuda University, Budapest, Hungary
Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Gödöllő, Hungary

DOI: 10.12700/TMMK.2026.016

Abstract: *Urban environments are increasingly affected by atmospheric deposition of potentially toxic elements, particularly heavy metals originating from traffic emissions, industrial activities, and long-range atmospheric transport. Monitoring the spatial distribution of these pollutants is essential for understanding their environmental impact. In the present study, moss biomonitoring was applied to investigate atmospheric heavy metal deposition in two urban green areas of Budapest, Hungary: Margaret Island and Óbuda Island (Shipyard Island). Moss species (Neckera crispa, Campylium calcareum, and Campylium stellatum) were collected from multiple sampling sites and analysed using ICP-OES following microwave digestion. The concentrations of Al, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn, and Cd were determined. Cadmium concentrations were below the detection limitin all samples. Among the investigated elements, aluminium and iron showed the highest concentrations. Statistical evaluation using one-way ANOVA revealed significant differences between sampling sites ($p < 0.05$). The presence of measurable heavy metal concentrations in these relatively green urban areas suggests that atmospheric deposition influenced by urban traffic, historical industrial activities, and regional transport processes may contribute to metal accumulation. The results demonstrate that moss biomonitoring provides an effective and cost-efficient approach for assessing spatial patterns of atmospheric heavy metal deposition in urban ecosystems.*

Keywords: *moss biomonitoring, heavy metals, atmospheric deposition, ICP-OES*

INTRODUCTION

Environmental pollution has increased significantly in recent decades as a consequence of rapid industrialisation, urbanisation and growing human activity [1–3]. Among environmental pollutants, heavy metals are of particular concern because their accumulation in environmental media may cause serious ecological and health problems for living organisms [4]. These elements can persist in the environment for long periods and may accumulate in soils, plants and aquatic systems, potentially entering food chains and affecting ecosystems.

Some heavy metals occur naturally in the environment as components of geological materials and soils [5]. Natural processes such as rock weathering, erosion and atmospheric transport of mineral dust may contribute to the background concentrations of these elements. However,

anthropogenic activities, including industrial production, fossil fuel combustion, traffic emissions and waste disposal, may significantly increase heavy metal concentrations in the environment [6]. As a result, monitoring the spatial distribution and deposition of heavy metals has become an important task in environmental research. It is therefore vital to monitor such pollution using a variety of methods to avoid or reduce it [7].

Various monitoring approaches have therefore been developed to assess the presence and distribution of heavy metals in the environment. Among these methods, biomonitoring with mosses has proven an effective tool for assessing atmospheric deposition of heavy metals. Within this context, the International Cooperative Programme on Effects of Air Pollution on Natural Vegetation and Crops (ICP Vegetation) has played a key role in large-scale moss biomonitoring studies across Europe. The ICP Vegetation programme is part of the Convention on Long-range Transboundary Air Pollution (CLRTAP) under the United Nations Economic Commission for Europe (UNECE). The programme focuses on investigating the effects of air pollutants on natural vegetation, crops, and semi-natural ecosystems across Europe and beyond. One of its major monitoring activities is the biomonitoring of atmospheric deposition of heavy metals and nitrogen using mosses as bioindicators. Because mosses lack a well-developed root system and obtain most of their nutrients directly from atmospheric deposition, they are particularly suitable for assessing spatial patterns of air pollution. Large-scale moss surveys have been conducted within the ICP Vegetation framework since the late 1980s, providing valuable long-term datasets on heavy metal deposition in Europe [8-9]. These surveys have significantly contributed to understanding the distribution of atmospheric pollutants and evaluating the effectiveness of emission reduction policies.

The aim of the present study was to investigate heavy metal deposition using moss biomonitoring in two urban green areas of Budapest, Margaret Island and Óbuda Island. The study focused on determining the concentrations of selected heavy metals in moss samples and evaluating potential spatial differences in atmospheric heavy metal deposition between the investigated sampling sites.

MATERIALS AND METHODS

Study area

The study was conducted in two urban green areas of Budapest, Hungary: Margaret Island and Óbuda Island (Shipyard Island). Margaret Island is located in the Danube River in the city centre and covers approximately 96.5 hectares. Due to traffic restrictions introduced in the 1970s, the island is a relatively low-traffic urban green area with extensive parkland. From the Árpád Bridge, vehicles are only allowed to drive up to the hotel [10].

Óbuda Island is located in the northern part of Budapest and covers approximately 108 hectares. The island previously hosted the Óbuda Shipyard until the 1990s and currently functions mainly as a recreational area. A few special insect species can also be found on the island, such as the walnut bunting, black and yellow pine beetle and musk beetle [11]. Traffic on the island is

relatively low, as vehicles are mostly driven to the parking lots at the entrances. Its urban location and historical industrial activities make it a suitable site for investigating potential atmospheric heavy metal deposition.

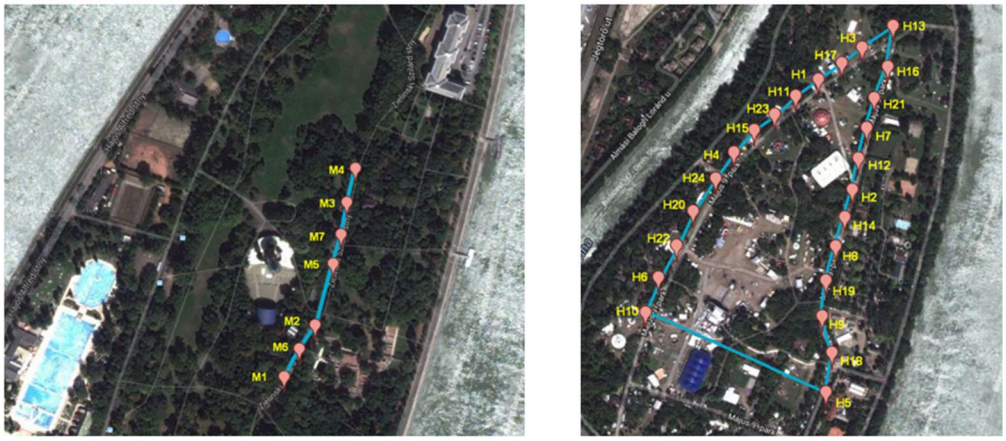
Sampling and sample preparation

We have chosen Margaret Island and Óbuda Island for sampling because they are relatively green areas from a natural perspective, so the presence of mosses was a near certainty. Furthermore, as we were testing for heavy metals in the plants, it is not negligible that the two areas are located in the capital. Knowing that the environments of capital cities are more polluted. It was also a possible factor that several factories operated in the vicinity of the islands, so it can be assumed that, in addition to basic urban pollutants such as traffic, these factories may have left behind pollutants that could have settled out of the air.

Before the moss samples were collected, their exact locations were determined using a GPS device, and the sampling points were subsequently plotted on a satellite map in Google Earth to visualise them (Figure 1). The Latin names and symbols of the moss samples are given in the first table.

1. Table: Latin names and symbols of mosses

Moss sample	Sample marking
Campylium calcareum	H3, H4, H6, H8, H9, H10, H13, H14, H16, H17, H18, H20, H21, H22, H24, M1, M4, M5, M6, M7
Campylium stellatum	H2, M3
Neckera crispa	H1, H5, H7, H11, H12, H15, H19, H23, M2



a b

Figure 1: Sampling sites: a) Margaret Island in Budapest, Hungary, b) Óbuda Island in Budapest, Hungary

The moss samples were carefully removed and placed in double polyethene bags. After brief storage at home, the samples were taken to the laboratory for further preparation and processing, where they were stored refrigerated. Next, the mosses were removed from the refrigerator and

cleaned of excess soil and potential debris using a rubber glove, following standard procedures to avoid further contamination [12]. The samples were then placed in a Petri dish and weighed to determine the amount of available moss for measurement. The mosses were then placed in a drying oven at 70 °C for 72 h, along with the Petri dishes, until mass stability was achieved. After drying, the moss samples were placed in an exicator. After cooling, the mosses were ground using an electric motor grinder in the laboratory. After grinding, the samples were sieved through a 0.2 mm sieve and placed in centrifuge tubes until the next instrumental measurement.

Microwave digestion of moss samples

Microwave digestion testing of the moss samples was performed using a Milestone 1200 Mega closed-system microwave. From the prepared moss samples, 0.5 g and 0.2 g were weighed into Teflon flasks using an analytical balance, depending on the quantity. To the samples in the bombs, 5 cm3 of nitric acid and 2 cm3 of hydrogen peroxide were then added. After the reagents were added, the samples to be destroyed were allowed to stand briefly, then placed in the microwave digestion along with the bombs. At the end of the programme, the samples were placed in a water bath for 30 minutes. After 30 minutes, the Teflon bombs were opened under an extraction hood, and the scrap was filtered into 25 cm3 or 10 cm3 volumetric flasks, depending on the sample weight, and stored in the refrigerator until measurement. The digestion program (Table 2) was set according to [13].

Table 2: Sample digestion program [13]

Step	Duration (minutes)	Efficiency (Watt)
1.	0:06:00	400
2.	0:02:00	0
3.	0:07:00	250
4.	0:06:00	550
5.	0:06:00	650
Ventilation: 00:10:00 Rotorctrl: on Twist: on		

Measurement of heavy metal content in moss samples using ICP-OES

The concentrations of heavy metals in moss samples were measured using a Jobin-Yvon Activa M ICP device. The instrument measures various heavy metals at the wavelengths specified in Table 3.

Table 3: Wavelengths of the heavy metals examined

Heavy metals examined	**Wavelength [nm]**
Al	394.401
Cd	241.441
Cr	205.571
Cu	324.754
Fe	259.940
Mn	257.611

Heavy metals examined	Wavelength [nm]
Ni	222.296
Pb	220.353
Zn	213.857

Statistical analysis

The statistical analysis of the results was performed using a one-factor random block design analysis of variance [14]. SPSS 19.0 [15] for Windows was used to provide results and assistance during the analysis.

RESULTS AND DISCUSSION

Results

In both the Margaret Island and Óbuda Island samples, the measured cadmium levels were below the limit of measurement.

Measurement results on Margaret Island

The concentrations of heavy metals measured in moss samples collected from Margaret Island are presented in Figures 2 and 3. The following elements were measured in the samples: aluminium, chromium, iron, lead, copper, manganese, nickel, zinc, and cadmium.

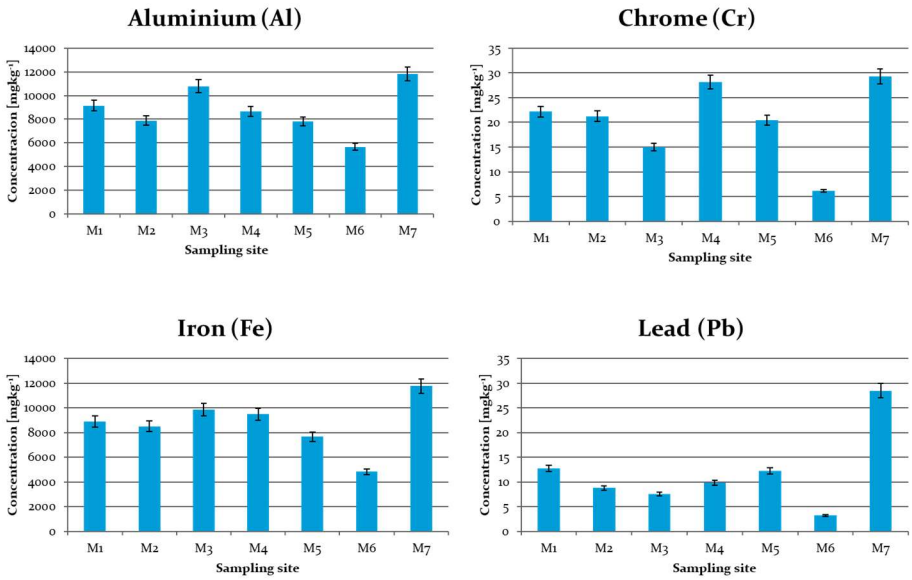


Figure 2: Concentrations of aluminium (Al), chromium (Cr), iron (Fe), and lead (Pb) in moss samples collected from Margaret Island (Budapest, Hungary).

Aluminium was present in relatively high concentrations in all moss samples. The lowest concentration was measured in sample M6, while the highest value occurred in sample M7. Chromium was detected in every sample collected from this site, with the lowest concentration also measured in sample M6. Copper was present in all samples, with the highest concentrations observed in M1 and M2.

Iron was detected in relatively high concentrations in all moss samples, while manganese showed a relatively uniform distribution across the sampling sites. Nickel was detected in most samples except for M3 and M6, and the lowest nickel concentration was observed in sample M5.

Lead concentrations were detected in all moss samples, although only in relatively small amounts. The highest lead concentration was measured in sample M7. Zinc was also present in every moss sample, with relatively uniform concentrations across the sampling locations.

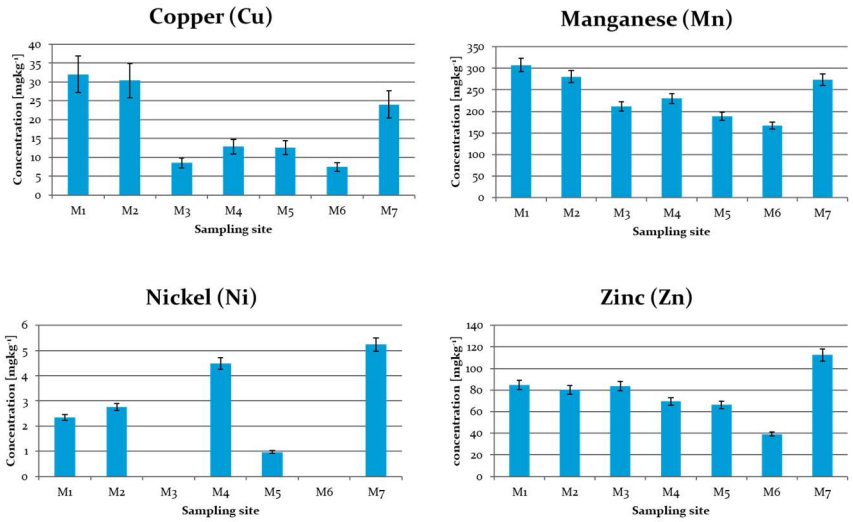


Figure 3: Concentrations of copper (Cu), manganese (Mn), nickel (Ni), and zinc (Zn) in moss samples collected from Margaret Island (Budapest, Hungary).

The results of the statistical analysis, summarised in Table 4, indicate that the differences between the sampling sites are statistically significant ($p < 0.05$) for all investigated elements.

Table 4: Summary of one-way ANOVA results for Margaret Island samples

Element	F value	p value	Element	F value	p value
Aluminium (Al)	6.644	0.028	Copper (Cu)	41.270	<0.001
Chromium (Cr)	5.526	0.040	Manganese (Mn)	22.887	0.002
Iron (Fe)	27.010	0.001	Nickel (Ni)	8.500	0.010
Lead (Pb)	21.392	0.001	Zinc (Zn)	20.416	0.002

Measurement results on Óbuda Island

The concentrations of heavy metals measured in moss samples collected from Óbuda Island are presented in Figures 4 and 5.

Aluminium was detected in all moss samples in relatively high concentrations, although the values varied considerably between sampling sites. The highest aluminium concentration was measured in sample H16.

Chromium was not detected in every sample collected from this location. Measurable concentrations of chromium were observed in several samples, with the highest in sample H13.

Iron was detected in all moss samples in relatively high concentrations, although the values varied considerably between sampling sites. The highest iron concentration was measured in sample H16.

Lead concentrations were detected in fourteen moss samples, with the highest value measured in sample H3.

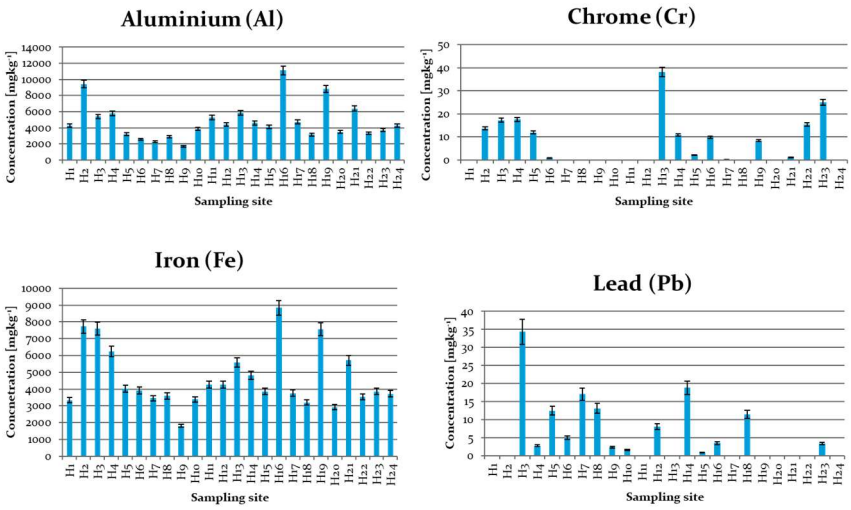


Figure 4: Concentrations of aluminium (Al), chromium (Cr), iron (Fe), and lead (Pb) in moss samples collected from Óbuda Island (Budapest, Hungary).

Copper was also not present in every sample, but it was detected in several locations in varying concentrations. Iron was detected in all moss samples and in relatively high concentrations, with the highest value measured in sample H16 and the lowest in sample H9.

Zinc was detected in all moss samples, and the measured concentrations remained below the level considered toxic for plants (approximately 400 mg kg^{-1}).

Manganese was detected in all samples, with sample H4 showing a notably higher concentration compared to the others.

Nickel was detected only in a few moss samples, specifically in samples H3, H4, H13, and H23.

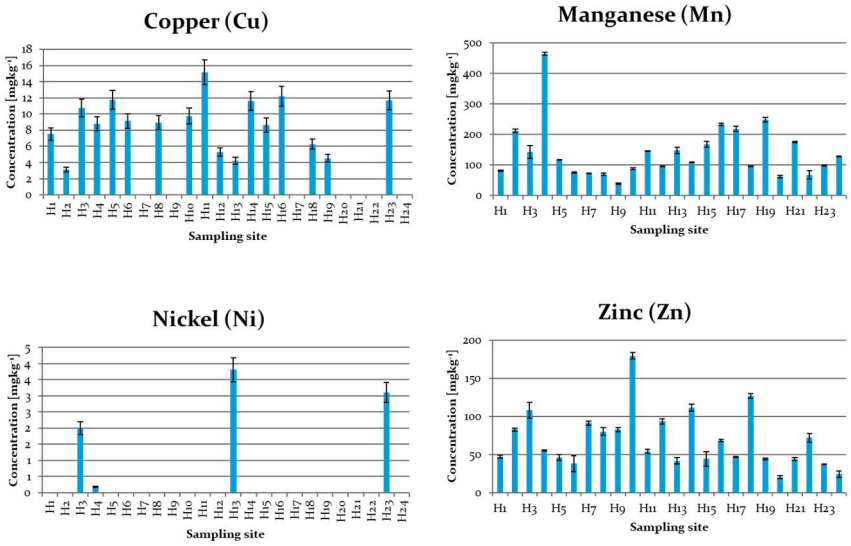


Figure 5: Concentrations of copper (Cu), manganese (Mn), nickel (Ni), and zinc (Zn) in moss samples collected from Óbuda Island (Budapest, Hungary).

The statistical results summarised in Table 5 confirm significant differences between sampling sites for all investigated elements ($p < 0.05$).

Table 5: Summary of one-way ANOVA results for Óbuda Island samples

Element	F value	p value	Element	F value	p value
Aluminium (Al)	32.642	<0.001	Copper (Cu)	9.598	<0.001
Chromium (Cr)	21.624	<0.001	Nickel (Ni)	2.264	0.028
Iron (Fe)	90.039	<0.001	Manganese (Mn)	326.792	<0.001
Lead (Pb)	38.705	<0.001	Zinc (Zn)	118.763	<0.001

Discussion

The results show that several heavy metals were present in the moss samples collected from both Margaret Island and Óbuda Island. Among the investigated elements, aluminium and iron showed the highest concentrations. These elements are commonly found in higher concentrations in moss biomonitoring studies due to their natural abundance in soil particles and crustal material transported by atmospheric processes.

Although both study areas are relatively green urban environments, measurable concentrations of heavy metals were detected in the moss samples. Similar observations have been reported in previous European moss surveys coordinated under the ICP Vegetation programme, in which urban areas showed detectable levels of atmospheric heavy metal deposition [8-9].

The spatial variability observed between sampling sites may be explained by several factors. Urban traffic emissions, resuspension of road dust, and historical industrial activities may contribute to local deposition patterns. In addition, meteorological factors such as wind

direction and atmospheric circulation may influence the transport and deposition of heavy metals.

The differences observed between Margaret Island and Óbuda Island may also be related to their historical land use. While Óbuda Island was previously used for shipbuilding, Margaret Island has mainly served as a recreational green area. Nevertheless, the detection of heavy metals in both areas suggests that atmospheric transport and urban activities remain important sources of deposition.

CONCLUSION

When measuring heavy metal concentrations, almost all investigated elements were detected in the moss samples, except for cadmium, which remained below the detection limit. Aluminium and iron showed the highest concentrations among the analysed elements. Significant differences were observed between the sampling sites, indicating spatial variability in atmospheric heavy metal deposition.

The results suggest that even relatively green urban areas may be affected by atmospheric deposition of heavy metals originating from urban traffic, historical industrial activities, and long-range atmospheric transport. Similar findings have been reported in previous European moss biomonitoring studies [8], [16].

Further environmental monitoring and additional sampling campaigns are necessary to better understand the sources and spatial distribution of atmospheric heavy metal deposition in the urban environment of Budapest.

REFERENCES

[1] Markham, A. C. (2019): A brief history of pollution, Routledge, Taylor and Francis group, Routledge Library Editions: Pollution, Climate and Change, Volume 7, London and New York

[2] Isele, T. O., - Alabi, B. E., - Aderogba, K. A. (2025): Industrial revolutions, industrialization, and impacts on human environment, Twenty-First Century Issues: Perspective on Climate Change, Pandemic, and Digital Transformation, p61.

[3] Williams, C. (1997): Environmental victims: Arguing the Cost, Environmental Values, 6(1), p3-30. http://www.environmentandsociety.org/node/5712

[4] Singh, A., Sharma, A., K. Verma, R.K., Chopade, R.L., Pandit, P.P., Nagar, V., Aseri, V., Choudhary, S.K., Awasthi, G., Awasthi, K.K., and Sankhla, M.S. (2022): Heavy metal contamination of water and their toxic effect on living organisms, The toxicity of environmental pollutants, IntechOpen. https://doi.org/10.5772/intechopen.105075

[5] Bocardi, J.M.B., Pletsch, A.L., Melo, V.F., Quinaia, S.P. (2020): Quality reference values for heavy metals in soils developed from basic rocks under tropical conditions, Journal of Geochemical Exploration, 217, 106591, https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2020.106591

[6] Adikesa, S., Aruliah, R., Jayaraman, T., Azhagesan, A., Kuppusamy, S., Jagannathan, M., Pattanathu, K. S. M. R. (2019): Integrated Remediation Processes Toward Heavy Metal Removal/Recovery From Various Environments-A Review, Frontiers in Environmental Science e 7, Article 66, https://doi.org/10.3389/fenvs.2019.00066
[7] Awewomom, J., Dzeble, F., Takyi, Y. D., Ashie, W. B., Ettey, E. N. Y. O., Afua, P. E., Sackey, L.N.A., Opoku, F., Akoto, O. (2024): Addressing global environmental pollution using environmental control techniques: a focus on environmental policy and preventive environmental management, Discover Environment, 2(1), article 8, https://doi.org/10.1007/s44274-024-00033-5
[8] Harmens, H., Norris, D., Mills, G., 69 authors, Zinicovscaia, I.(2013): Heavy Metals and Nitrogen in Mosses: Spatial Patterns in 2010/2011 and Long-Term Temporal Trends in Europe, Edition: 63 pp. ICP Vegetation Programme Coordination Centre Centre for Ecology and Hydrology Environment Centre Wales, Bangor, UK, ISBN: 978-1-906698-38-6.
[9] Frontasyeva, M., Harmens, H., Uzhinskiy, A., Chaligava, O. (2020): Mosses as biomonitors of air pollution: 2015/2016 survey on heavy metals, nitrogen and POPs in Europe and beyond, ICP Vegetation Programme Coordination Centre, Centre for Ecology & Hydrology, Bangor, UK, p136
[10] Kollega Tarsoly István (szerk.) (2004): Révai Új Lexikona, Babits Kiadó, Szekszárd, p128-129
[11] Kollega Tarsoly István (szerk.) (2005): Révai Új Lexikona, Babtis Kiadó, Szekszárd, p283-284
[12] Vuckovic, I., Spiric, Z., Stafilov T. (2013): The Study on Air Pollution with Nickel and Vanadium in Croatia by Using Moss Biomonitoring and ICP-AES. Bullettin of Environmental Contamination and Toxicology, 91, p481-487, https://doi.org/10.1007/s00128-013-1067-7
[13] Baranowska, I., Srogi, K. (2000): Determination of Heavy Metal in Samples of Moss by DPV. Polish Journal of Environmental, 9 (4), p329-333
[14] Sváb, J. (1973): Biometriai módszerek a kutatásban. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, p517
[15] SPSS Inc., SPSS 16.0 Software Package
[16] Zechmeister, H.G., Grodzińska, K., Szarek-Łukaszewska, G. (2003): Trace Metals and other Contaminants in the Environment, Chapter 10 Bryophytes, Elsevier, 6, p329-375, https://doi.org/10.1016/S0927-5215(03)80140-6

AUTHORS

Dr. habil. Ágnes BÁLINT
Óbuda University,
Doberdó str. 6. 1034 Budapest, Hungary
Phone: +36303721342, E-mail: balint.agnes@uni-obuda.hu
Lőrinc KOMLÓS
Hungarian University and Agriculture and Life Sciences, Páter K. str. 1., 2100 Gödöllő, Hungary E-mail: komloslorinc@gmail.com
Xuechu Wang
Hungarian University and Agriculture and Life Sciences,
Doctoral School of Environmental Sciences,
Phone:+36309333290 E-mail: victorwxch@gmail.com
Dr. habil. Csaba MÉSZÁROS
Hungarian University and Agriculture and Life Sciences,
Páter K. str. 1., 2100 Gödöllő, Hungary
Phone. +36204905421 E-mail: Meszaros.Csaba@uni-mate.hu



ITSZ
INTEGRÁLT TUDOMÁNYOK
SZAKKOLLÉGIUMA