

# Tavi hulladékaink és a környezetbiztonság

## Lake wastes and the environment safety

Kiss Leizer Géza Károly

Óbudai Egyetem Biztonságtudományi Doktori Iskola Budapest, Hungary

kissleizer@t-online.hu

**Összefoglalás** — Tanulmányunk a környezetbiztonság szempontjaiból vizsgálja a Balaton és Velencei-tó eddig feltáratlan víz alatti hulladékaihoz kapcsolódó kérdéseit. A fokozódó és egyre kíméletlenebbé váló felelőtlen természet és környezethasználat rendkívüli módon emelte meg az itt található hulladékok mennyiségét, sok esetben veszélyességét. Hihetetlen az e tavakban található rejtett hulladékok sokszínűsége, mennyisége, az ezekkel kapcsolatos felelőtlenesség, nemtörődömség. Napjainkban a természetes vizekben megjelenő hulladéktömegek egyre erőteljesebben veszélyeztetnek, szennyeznek, ellehetlenítik az ideális élet- és környezetminőséget. Publikációnk konkrét célja, a két tavunkban található rejtett hulladékok bemutatása, a további elszennyezés megelőzhetőségének vizsgálata, a környezetbiztonság és a környezettudatos magatartás és felelősség fontosságának hangsúlyozása.

**Kulcsszavak:** környezetbiztonság, fémhulladék, környezetszennyezés, víz alatti hulladék, környezeti hatás, környezeti biztonságérzet

**Abstract** — This study focuses on the criteria of environmental safety related to the questions of unexplored underwater waste of the Lake Balaton and Lake Velence. Escalating and increasingly harsher environmental use increased the amount and hazardiousness of waste at these locations dramatically. In these lakes the variegation and quantity of unexplored underwater waste - as well as human irresponsibility and negligence - is incredible. Nowadays, the increasing quantity of waste is polluting and threatening natural waters also, hindering the reservation of ideal living conditions and environmental quality. The primary objective of this article is to introduce wastes occur in these lakes. I would like to examine the possible ways of prevention, to stop contamination and to emphasize the importance of environmental safety, awareness and human responsibility.

**Keywords:** environment safety, metal waste, environmental pollution, underwater metal waste, environmental effect, environmental sense of security

### 1 BEVEZETÉS

A tanulmány bemutatja az ez idáig feltáratlan, rejtett, két legnagyobb tavunk vizének felszíne alatti hulladékokat, az ezekkel kapcsolatos felmerülő problémákat, e hulladékok eltávolításának, kezelésének, a lehetséges legjobb műszaki megoldások alkalmazásának szükségességét.

Tanulmányunk az alábbi fejezetekből áll: A bevezetés utáni 2. fejezet az anyag és módszer rész a rejtett hulladékok hatásaival, a védelem lehetőségeivel foglalkozik. A 3. fejezet tavaink környezetbiztonságát befolyásoló tényezőket mutatja be. A tavi hulladékokról

szól a 4. fejezet, majd a hatásmechanizmusok, vízminőség, vízkémia című 5. fejezet világít rá, mi az, ami még tavaink vízminőségét befolyásolja. A 6. fémkereső című fejezet a „kincs vadász” által megmutatott víz alatti rejtett hulladékok kérdéseivel foglalkozik. Az eredményekről, azok értékeléséről, a következtetések levonásáról és az összegzésről szól a 7.-8. fejezet.

Napjainkban természetes vizeink partjait és közvetlen környezetét ellepik a nyaralók, telkek, bungalók, alig marad élőhelye a vízi populációknak. Meg kell gondolnunk, teljesen elvegyük-e az életteret a természettől, szennyezéseinkkel hogyan, milyen módon leszünk hatással nemcsak tavaink vízi élővilágára, hanem saját magunkra is. A ma élő és környezethasználó, több mint 7 milliárd emberből, aki megteheti kegyetlen módon, egyre erőteljesebben terjeszkedik, legújabbban nem is városokba, hanem erdőkből, ligetektől, érzékeny természeti területekből kisajátított, bekerített, őrzött-védett, luxus-lakóparkokba, vízpartokra költözik.

Ma már a mezőgazdasági termőföldet is villanypásztorokkal védik, az erdőt leborompózzák, bekamerázzák (de nem csak ezeket, hanem az általunk még bejárható élettereket is), vegyszerekkel kezelik, a vadakat, a kultúrnövényeket mesterségesen táplálják, génkezelik, etetik. A vadon élő fajoknak egyre kevesebb az életlehetőségük, a vaddisznó, a szarka, a vándorsólyom, a fácán, de még a róká is bekényszerülnek a városi környezetbe, jönnek és teret hódítanak az özönnövények, mint például a japán keserűfű. A 70-es években még a szövőlepkék, hernyók ellen harcoltunk, ma hol vannak, hova tűntek ezek? Helyettük a (sok esetben migránsok által behurcolt) mindennek ellenálló vírusok, baktériumok, az általuk terjesztett leküzdhetetlen, gyógyíthatatlan betegségek hódítanak, elháríthatatlanul, megállíthatatlanul támadnak, a természetes vizekben megjelenő hulladéktömegek pedig egyre erőteljesebben veszélyeztetnek, szennyeznek.

Napjaink egyik legfontosabb környezeti kérdése és problémája a különböző emberi tevékenységek során keletkező felesleges anyag, azaz a hulladék. A létfenntartás számára nélkülözhetetlen termelés és fogyasztás során megjelenő felhasznált termékek azonban nem lehetnek összességükben hulladékok. A társadalomban lezajló anyagforgalmi körfolyamatok tudományos kutatások alapján történő javasolt bezárása jelenti ezen anyagok ismételt nyersanyaggá, vagy újrahasznosítható terméké válását, ebből egyértelműen következik a környezet terhelésének csökkenése.

Gyors változások érik az egész világot, mely a Föld javainak szinte korlátok nélküli használatából ered, ami nem a valós szükségletek kielégítését szolgálja, hanem a fogyasztói társadalom igényeit, melynek végső célja a befektetett tőke hozamának növelése. Ebből következően a Földön óriási hulladéktömegek keletkeznek, melyekre a megfelelő biztonságos kezelés módozata ma az egyik legsürgetőbb környezeti probléma. Az egész Földre kiterjedő emberi tevékenységből származó, sok esetben veszélyes tulajdonságokkal is rendelkező hulladékok hatása gyakran kiszámíthatatlan. Bizonyos, hogy az élővilágra, a környezetre gyakorolt szennyezés, terhelés, már sok esetben visszafordíthatatlan folyamatokat indított el [6].

## 2 ANYAG ÉS MÓDSZER

### 2.1 *A rejtett víz alatti hulladékok hatásai, a védelem lehetőségei*

A hulladékok gazdasági és társadalmi körfolyamatokba történő folyamatos visszavezetése érdekében fel kell tárnai a műszaki biztonságtechnikát befolyásoló tényezőket, valamint meg kell határozni a hulladékgazdálkodásban alkalmazható műszaki biztonságtechnikai elemeket, azok gyakorlati alkalmazhatóságát [6].

Vizsgálataink során feltártuk, hogy tavaink élvezeti célra történő használatakor keletkező hulladékok biztonságtechnikai kérdéseire vonatkozó előírások hiányosak, valamint az e hulladékokkal kapcsolatos magatartás, hozzáállás rendkívül felelőtlen. Kutatásunkban a tavi hulladékokhoz fűződő, főként a tavak turisztikai, élvezeti használata során történő hulladékkezelés biztonságtechnikai alapú megközelítésével, a nem megfelelően kezelt hulladékok által jelentett környezeti veszélyek problémáival foglalkoztunk.

A publikáció konkrét célja annak bemutatása, hogyan előzhetjük meg a tavi vízhasználatok, a turizmus, fürdőzés, a szabadidő eltöltése során keletkező (felelőtlenül elhagyott, eldobott) hulladékok által okozott rendkívül súlyos környezeti ártalmakat, ezeket további vizsgálatok kvantitatív eredményeivel szükséges alátámasztani.

Kutatásunk fontosságát támasztja alá, hogy a tavak fentebb leírt használata mindig is az emberiség életének részét képezte, ezek súlya, gyakorisága, mérete, globálisan jelentkező romboló hatása annyira megnövekedett, hogy a bennük egyre nagyobb mennyiségben felhalmozódó hulladékok ellen való védelem napjainkban elsődlegessé, rendkívül fontossá vált. A hulladékok hatásaiból következő hatalmas károk, az utólagos rehabilitáció költségei, melyeknek nemcsak gazdasági, hanem társadalmi hatásai is jelentősek, felvetik a biztonságos hulladékkezelés kérdését, annak szükségességét.

Minden társadalomnak, de különösen a modern ipari társadalmaknak alapvetően fontos feladata a korlátozott mennyiségben rendelkezésre álló termelési tényezők védelme. A föld és a természeti erőforrások megőrzése elsősorban a környezetvédelem feladatkörébe tartozik, beleértve az ásványkincs, a nyersanyagok, az

energiaforrások, a termőföld, a víz- és levegőtisztaság, az élővilág, a természet, a táj, az épített (mesterséges) környezet védelmét továbbá a zaj- és rezgés elleni védelmet valamint a hulladékok káros hatásai elleni védelmet is [8].

A világszerte érzékelhető visszalépés, stagnálás, majd hirtelen előrelendülés kiszámíthatatlan folyamatai befolyásolják a környezet és társadalom jóllétét, ezekhez kapcsolódó biztonságérzetét. Szükségét érezzük, hogy a biztonság technikai alapú megközelítésével hívjuk fel a figyelmet fentiekben felsoroltakból következő, az egyre nagyobb tömegekben megjelenő, nem megfelelően kezelt hulladékok hatásai által jelentett veszélyekre [4].

## 3 TAVAINK KÖRNYEZETBIZTONSÁGÁT BEFOLYÁSOLÓ TÉNYEZŐK

Vizsgálatunk kezdetei a történelmi múltba nyúlnak vissza, hiszen a római korban a Balatonnál, amit akkor Lacus Pelso-nak hívtak, több hadi és kereskedelmi kikötő is volt, bárkák, csónakok, kereskedelmi és hadihajók már akkor is elsüllyedtek, de más módon is kerültek különböző tárgyak, hulladék anyagok, értékes fémekből vert pénzermékek a tóba. Először a Delta című televíziós műsor hívta fel a figyelmet az 1990-es években arra, hogy Angliában a Temze parton felszedik a Római-kori pénzerméket. A mai napig megtalálhatók II. Konstantius Hummus (AE 4 Fel Temp Reparatio) nevű bronzérméi Balatonaliga térségében, ahol a Krisztus utáni 4. században római kereskedelmi hajókikötő volt. De a Centenionalisnak vagy Follisnak nevezett nagyobb bronzérmék is fellelhetők itt, melyet Kr. u. 342-ben vertek.



1. ábra: II. Konstantius Hummus római császár bronzérméi (Kiss Leizer Géza Károly felvétele)

Tavaink környezetbiztonságát nemcsak a római pénzermék, horgok, ólomsúlyok és egyéb szilárd hulladékok veszélyeztetik, hanem a tápanyagterhelések, az éghajlatváltozás hatásai, a globális savasodás, az állandóan jelenlévő toxikus mikroszennyezők invazív bejutása, a felelőtlen vízkivétel és bizonyos esetekben a tisztítatlan, vagy tisztított szennyvízbevezetés, a morfológiai módosítások is. Ezek mind más módon, de egymásra is kölcsönösen hatnak, a tavi ökoszisztéma állapotára káros hatással lehetnek.

Jelentős a tófenék szerkezetének különbsége a Velencei-tó és a Balaton között. Előbbinek kemény az alja, lemezes szerkezetű, mozog, ez azt jelenti, hogy folyamatosan újra felbukkannak több éves ólom és egyéb fémhulladékok, mert a tektonikus mozgás miatt helyet cserélnek a lemezek. A legveszélyesebb az üveghulladék, mert azt a keresőgépek nem jelzik, de az emberi láb beléjük lépve megérzi, sokszor súlyos sérüléseket okozva. Az észak-nyugati szél által felvert hullámok a Balaton

aljzatán marásokat, gödröket alakítanak ki, ezekből a hullámok a könnyebb hulladékfrakciókat a vízfelszínre hozzák.

A Velencei-tóból a 80-as évek végéig 9 millió m<sup>3</sup> iszapot kotortak ki. Nem történt vizsgálat arra vonatkozólag, hogy mit tartalmazott ez az iszap, de az is lehet, hogy az akkori technológia nem tette ezt lehetővé, ezért ezek a rejtett hulladékok mindmáig nem kerülhettek elő. A Balaton esetében is jelentős kotrások voltak, elsősorban a Keszthelyi-öbölben, hasonlóan az iszap tartalmának vizsgálata nélkül.

A jogi szabályozás előírja, hogy a hulladék eltávolítása csak mederbontás nélkül engedélyezett magánszemélyek számára. De mi van akkor, ha a hulladék 20-40 cm mélyen van, akkor ott kell hagyni, mert nem szabad a medret megbontani?

#### 4 TAVI HULLADÉKOK

Az alábbiakban részletezett rejtett víz alatti hulladékokról a „kincsvadász” által feltárt információkkal és fotókkal rendelkezünk, e hulladékok befolyásolhatják a vízminőséget, környezeti biztonságérzetünket.

A folyamatosan vízbe kerülő, ezért újratermelő hulladékok az ólom, sörös-üdítőitalos doboz, alumínium és műanyag fólia, egyéb műanyag és e-hulladékok. De különleges kategória a Siófok környékén megtalálható gyümölcsleves dobozok, műanyag zacskók, ezek 40-50 cm mélyen vannak, elhelyezkedésük oka az 1970-80-as évek reklámkampánya, amikor repülőgépekről szórták le ezeket a fürdőzők közé.

A fémdobozokkal (ital, konzerv, kozmetikum) kapcsolatos probléma a víz folyamatos hullámzó mozgása, melynek következtében ezek olyan élessé válhatnak, mint a borotvapenge. De a horgászok beszakadt szerelései, az etetőkosarak, horgok is rendkívül kiélesednek, nem beszélve a további vízpartról vagy hajókról származó fémhulladékokról, egyéb fémfelszerelésekről.

A környezetbiztonság érdekében ez azt jelenti, hogy a víz alatti rejtett hulladékok eltávolítása után nyugodtan bemehessünk tavainkba anélkül, hogy az üvegszilánkok, konzervdobozok, fémhulladékok, horgok és etetőkosarak ne okozzanak súlyos, fertőzésveszélyes sérüléseket.



2. ábra: Tavakból kihozott vegyes fémhulladék (Ürmös Gábor felvétele)

Becslésünk alapján még mindig jelentős hulladékmennyiség van a víz alatt. De amit nem látunk, az sokak szerint nem okozhat problémát, ezen hulladékok ottléte nem a véletlen műve, sokat szándékosan dobtak be, de előfordult felelőtlenység, nem várt esemény vagy baleset is. Jó példa, amíg régebben hidegebb telek voltak, vastagabbra fagyott a Balaton jege. A könnyű műanyag felépítményű Trabantokkal, de a Wartburgokkal, Zsigulikkal, Skodákkal, Polski Fiatokkal is megkísérelték a téli horgászatot, messzire bementek a tó jegére. (a Hammerrel való jégjárás már az új kor vívmánya...) De a fizika törvényei szerint a jégnek nagy a felületi feszültsége, amint tehát a horgászok az autó közelében lékeket vágtak az megváltozott, a jármű beszakadt, nem is merték bevallani, mert tiltott volt a jégre menni gépjárművel. Ezek a járművek a mai napig bent vannak a tóban, a gazdájuk inkább azt mondta: ellopták, mert a kiemelés sokba került volna és még büntetést is kaphatott a tulajdonos. A talajradarral 45 méterig lehet lefele látni, de az iszapban már 3 méter mélyen felfedezhetők ezek a járművek.



3. ábra: Balatoni napi termés (Kiss Leizer Géza Károly felvétele)

Vizsgálataink és becsléseink szerint 1 km-es víz alatti partszakaszon akár 10-15 q ólom is található. A régi és az új ólmok közti különbség jelentős, az újakon már esetenként műanyag védőborítás van, de ezek nagyon drágák, a horgászok inkább a hagyományost veszik meg. A régi fajtájúak felületéről az ólom-oxidot a víz alatti mozgás a homok segítségével lecsiszolja, ezért az a vízbe kerül. További víz alatti fém és egyéb hulladékok:

**Vas, acél:** jelentős mennyiség, autórönsök, alkatrészek, sok egyéb használati tárgy, pénzermék, hadianyagok,

**Bronz:** érmék, ékszerek, dísz tárgyak, edények csak a speciális régészeti lelőhelyek területén, nagyon kevés mennyiségben,

**Alumínium:** még mindig megtalálhatók a lezuhant repülőgépek darabjai, alumínium lemezek, háztartási használati eszközök, hajók felszerelései, sörös dobozok, pénzermék,

**Réz:** szaniter szerelvények, pénzermék,

**Arany, ezüst:** elhagyott ékszerek, érmék, dísz tárgyak, órák,

**Műanyagok:** PET palackok, strandcikk, háztartási eszközök, horgász damilok-felszerelések, bijoux ékszerek, óvszerek, orvosi fecskendők,

**Üveg:** italos palackok, egyéb üvegtárgyak, bijoux ékszerek,

**Papír:** bankjegyek, cigaretta, újságok, reklámhordozók, csomagoló és egészségügyi papírok, nedves törlőkendők,

Külön megemlítendők azok az újabb fajta hulladékok, mint például a nedves törlőkendők, melyek bonyolult összetételük miatt egész más kezelési problémákat vetnek fel. Ezek inkább a hajókról, parti strandokról származnak. A vízben évszázadok alatt sem bomlanak le, de a szél, az áramlás, a hullámozgás partra sodorja ezeket. A napfény és a víz részben ártalmatlanná teszi őket, tehát csak részben tekinthetők egészségügyi veszélyes hulladékoknak, végleges ártalmatlanításukra az égetés a legbiztosabb módszer.

Jellemző összetételük: Water, Potassium Laureth Phosphate, Glycerin, Polysorbate 20, DMDM Hydantoin, Tetrasodium EDTA, Methylparaben, Malic Acid, Aloe Barbadensis Leaf Extract, Calendula Officinalis Flower Extract, Camellia Oleifera Leaf Extract, Cucumis Sativus (Cucumber) Fruit Extract, Retinyl Palmitate, Tocopheryl Acetate, Zea Mays (Corn) Oil, Phenoxyethanol, Butylparaben, Ethylparaben, Propylparaben, Isobutylparaben, Fragrance.



4. ábra: Papír és műanyag a tóparton (Kiss Leizer Géza Károly felvétele)

Sok az elektronikai hulladék, ezek főleg CD, MP lejátszók, pendrive-ok, mobiltelefonok, laptopok, a régebbi audió eszközök pl. walkman, fej és fülhallgatók, magnókazetták, de rengeteg az elem, tölthető akkumulátor.

A Velencei tónál az Agárdi szabad strandi részt egy Budapesti erőmű salakjával töltötték fel, ez még mindig lehet radioaktív szennyező. A tihanyi kompkikötő vize és az alatta fekvő homokréteg olajjal szennyezett. A hajócsavarok által felaprított sörös dobozok szilánkjai is szennyezést jelentenek. A nagy fesztiválok, mint pl. a Balaton Sound Fesztivál is jelentős víz alatti hulladékteremtők. A partot szépen rendbe teszik az esemény után, de ki takarít a víz alatt?...Injekciós tűk, használt gumióvszer, e-hulladék, üvegek, italos dobozok, öngyújtók, mobiltelefonok, strandcikk és sok egyéb mind megtalálható. Ha közterületen eldobunk egy

cigaretta-csikkot, azért pénzbüntetés jár, de a vízben...?



5. ábra: Balatoni és Velencei tavi fémhulladékok (Ürmös Gábor felvétele)



6. ábra: Vegyes Balatoni és Velencei tavi hulladékok (Ürmös Gábor felvétele)

A téli időszakban a jégre kerülő sokféle hulladék is ott marad, ez a tavaszi olvadáskor kerül a tavak vizébe.

Beszélnünk kell a vasúti járművek nyitott WC-iből kikerülő sok esetben akár veszélyes és fertőzésveszélyes hulladékokról is, hiszen a Velencei-tó fele részben, míg a Balaton teljesen körbevett vasútvonalakkal és sok esetben a vasúti pálya csak néhány méterre halad a tavak partjain.

A kikerülő emberi ürülék, szennyezett WC papírt, nedves törlőkendőket a szél, az eső- és a talajvíz hullámozgás áramlása bemossa a tavakba, komoly szennyezést okozva.

Zárt rendszerű WC-vel a MÁV Start Zrt jelenleg 462 db járműve rendelkezik, ez a járműállomány 18 százaléka. Az új beszerzésű járművek esetében már zárt rendszerű WC-vel felszerelt járművek állnak forgalomban. Az utolsó nem zárt WC-vel rendelkező vasúti járművek 15-20 év múlva kerülnek ki a forgalomból.

A Balatonra jellemző összetételű iszapot is vizsgálhatjuk. A Balaton medrében található üledéket egyrészt vízminőség javítása céljából, másrészt a hajózási útvonalak, kikötők mélyítése céljából kikotorják. Az így kapott iszap kb. 50%-os víztartalma, melynek elhelyezése gondot jelent. A hatályos törvény értelmében a Balatonból kiemelt, 60-70 százalékos homokot tartalmazó iszap hulladéknak minősül, ezért a tóba vissza nem helyezhető. A 200 000 tonna éves mennyiségű iszap fémeket, félfémeket és vegyületeiket – magnéziumot, kalciumot, alumíniumot, vasat tartalmaz, de az ólom, vagy ólom-oxid tartalomra vonatkozó adatokat nem találtam [2].

Az égetett balatoni iszap kémiai összetételében a két főkomponens a CaO és az SiO<sub>2</sub>. Ez teszi lehetővé, hogy belőle mészhomoktégla-szerű falazó anyagok gyárthatók. A formázás paramétereinek változtatásával a legyártott termékek szilárdsága széles határok között változtatható. A termékek jó hőszigetelő képességének kialakulásában az iszap kovamoszat-tartalma is szerepet játszik. A Balaton iszapja tehát alkalmas jó minőségű falazó anyagok gyártására [3].

## 5 HATÁSMECHANIZMUSOK, VÍZMINŐSÉG, VÍZKÉMIA

### 5.1 Balaton

A Vízkémiai Kutató Intézet VKI szerint a Balaton egy víztestként lett kijelölve. A VKI szerint összességében a Balaton jó ökológiai és kémiai állapotban van.

Megállapításuk szerint 1995 után a Balaton állapotában jelentős javulás következett be, a tó szennyezőanyag-terhelése (elsősorban az algásodás szempontjából veszélyes foszfor-terhelése) közel 50%-kal csökkent az azt megelőző időszakhoz képest. Ennek részben a műtrágyahasználat drasztikus visszaesése, a vízvédelem érdekében tett kormányintézkedések, környezetvédelmi beruházások (csatornázás, szennyvíztisztítás, a tisztított szennyvizek kivezetése a vízgyűjtőről, a hulladékgazdálkodás reformja) és a csapadékhányos időjárás voltak a fő okai. Ugyanakkor továbbra is fennáll az eutrofizálódás gyorsulásának veszélye, amely különösen a nagy meleggel és vízhiánnyal párosulva időszakonként kedvezőtlen ökológiai változásokat is okozhat.

A tó vízminősége nyugatról keletre fokozatosan változik, a keleti medencében kedvezőbb képet mutatva. A vízminőség különbségét a medencénként eltérő mértékű, és időszakosan előforduló algásodás mértéke is jelzi [9].

A tó vízminőségét egyre csökkenő mértékben ugyan, de kedvezőtlenül befolyásolja a Zala folyó vízgyűjtő területéről érkező növényi tápanyag, amely a Kis-Balatonból távozva a tó összes terhelésének több mint egyharmadát adja.

A Balaton vízminősége kánikulában is megfelelő, ezen az alacsony vízállás nem változtat. A tó nyílt vízében a lebegő mikroszkopikus algák mennyisége csupán egynegyede volt az üdülésre, fürdőzésre használt természetes vizekben megengedhetőnek (az A-klorofill koncentrációja Keszthelynél 20 µg/l, Siófoknál 4 µg/l). A tó déli partján a vízszintcsökkenések hatására olyan körülmények alakulhatnak ki, amelyek lehetővé teszik a fonalas zöldalgák invázióját, tömeges elszaporodását.

A Cladophora-invázió állománya csak a vízállás emelkedésével szorul vissza. Nem kétséges, hogy a csökkenti a tó idegenforgalmi vonzerejét, de ez az alga nem termel egészségkárosító anyagokat, az általa okozott kár csak esztétikai.

Az emberi sérülések sokkal könnyebben elfertőződnek a Balaton vizében. A Velencei-tó esetében más a helyzet, a víznek egészen különleges az összetétele, a tavat övező dombokban radioaktivitás is tapasztalható. A 70-es években folytak itt a kutatások, uránércet kerestek. A 80-as években Hollandiába szállítottak innen iszapot,

annak jótékony radioaktív gyógyító hatása miatt. Ezt az idevalósiak is felfedezték, sokan kenték be a testüket ezzel az iszappal gyógyulást remélve. Az itt található fémhulladékok sokkal gyorsabban korrodálódnak, az itt fellelt alumínium pénzérmék szinte szétnyílnak, az 1946-ban bevezetett forint például a Tiszai vízerőmű kiselejtezett kábeleiből készült, ami reakcióba lépett a tó vizével. Emiatt viszonylag gyorsan lemezes szerkezetűvé oxidálódtak ezek a pénzérmék. A rézből készült pénzérmék is megtalálhatók, de később a pénzverdék az alumíniumra váltottak, majd a nikkel-vas ötvözetre, ritkábban az ezüsből, alpakából készült érmékre. Ezeket a víz elviszi, mivel rendkívül könnyűek, bármelyik strandon 20-30 cm mélységig jelentős mennyiségben megtalálhatók és mindig előjönnek, nem fogynak el.

### 5.2 Velencei tó

A Velencei-tó a Vízkémiai Kutató Intézet szerint két víztestre lett osztva. A nyílt vizes területe valamennyi minőségi elem tekintetében eléri a jó állapotot, azonban a nádasos-lápos területe a mérsékelt osztályba sorolódott, elsősorban a biológiai vizsgálatok alapján.

A Velencei-tó – általában a természetes állapotának megfelelően – igen nagy mennyiségben tartalmaz oldott szervetlen és szerves anyagokat. A kationok közül domináns a nátrium, a magnézium és a kálium, az anionok közül pedig a klorid és a szulfát. A vízben lebegő anyagok mennyisége nem jelentős, a növényi tápanyagtartalma csak időnként haladja meg nagyobb mértékben az átlagos értéket. A 90-es évek elején a Velencei-tó trofitási állapota – az OECD osztályozás szerint is – eutrófnak, illetve eupolitrófnak minősült. Az elmúlt években némileg összhangban a Balatonon észleltekkkel – a viszonylag alacsony klorofill-a értékek jellemzőek [9].





6. ábra: Tavaink hulladékaival a pénzérmék, mobilkészülékek is (Ürmös Gábor felvételei)

### 5.3 Az ón, ólom és a víz

A Római korban sok használati tárgy készült ón, ólom anyagokból. A belőlük készült kupákba általában alkoholos italokat töltöttek, ami oldott állapotba vitte a nehézfémeket, e miatt az emberek a különböző mérgezési hatásmechanismusok miatt korai halált haltak, nem érték meg a 40-50 éves kort.

### 6 ÜRMÖS GÁBOR A FÉMKERESŐ

Érdemei elismerése: Ő volt, aki először felhívta a figyelmet a víz alatti rejtett hulladékok meglétére és ezt számomra őszintén feltárta. Ürmös Gábor, a fémkereső esetében mindenki csak az arany, ezüst megtalálását látja, pedig ő lelkiismeretes módon az összes hulladékot a lábával kiszedi, sok esetben kockáztatva testi épségét, egészségét. Figyelmeztetést is kapott, hogy a talált nemesfémeket be kell szolgáltatnia. Be is szolgáltatja 8 napon belül, de milyen érdekes: a sok nála levő egyéb fém, például a horgászólmok, egyéb fémek senkit sem érdekelnek...

Tűzszerészként felderítő volt, ez irányú tapasztalatait itt a víz alatt is hasznosítja, van még robbanószer, lőszer a víz alatt. Tagja volt a Balatoni Roncskutató Egyesületnek is, repülőgép roncsokat derítettek akkor ki, kiemelésre is kerültek ezek, de a levált darabok, alkatrészek, kilótt töltényhüvelyek a tófenéken még mindig megtalálhatók.



7. ábra: A Balatonból nemrég kiemelt IL-2 Sturmovik csatarepülőgép motorblokkja [1]

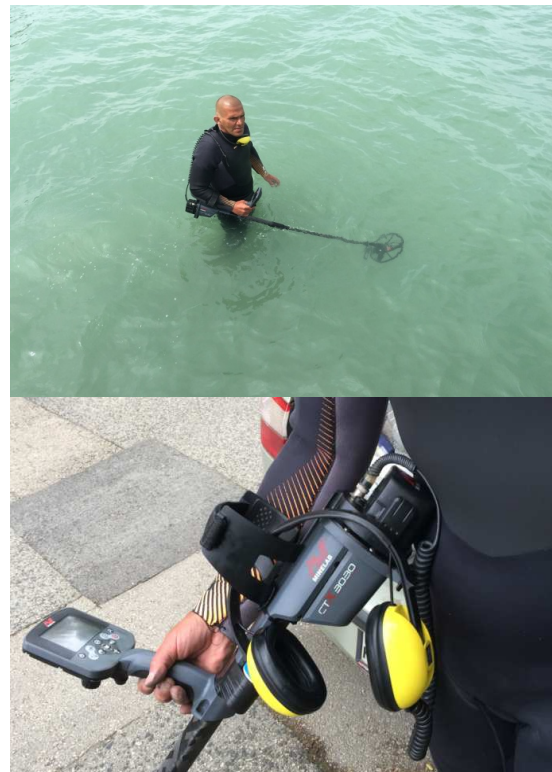
Ma már egyedül, vagy társaival keres, a legújabb technikai eszközökkel végzi a kutatást, amit hivatásának,

életcéljának tekint. Gábort még soha senki nem kérte fel a strandok víz alatti- területeinek megtisztítására, ő ezt önszántából, meggyőződésből teszi, ezért néha megengedik a fizetős strandokon, hogy ingyen bemehessen, parkolhasson...

### 7 EREDMÉNYEK, JAVASLATOK

A publikációban leírtak alapján felvethetők az alábbiak, az áttöréshez, eredményekhez, szükségét érezzük e kérdések megválaszolását, további kutatást tervezünk a tavi hulladékfeltárási-kezelési rendszer kiterjesztésére, főként az általunk feltárt víz alatti hulladékok eltávolítására, biztonságos kezelésének lehetőségeire.

- Megteszünk-e mindent a veszélyes anyagok és hulladékok tavakba történő bejutása ellen?
- A környezetvédelmi-hulladékgazdálkodási oktatásban beszélnek-e ezekről a fajta hulladékokról, a kijutás elleni védekezés lehetőségeiről?
- Van-e a Balatoni Velencei tavi környezetvédelmi-hulladékgazdálkodási szakemberek kezében veszélyes anyagok, hulladékok kijutása elleni védekezési-kezelési-eljárási leírás, illetve ha már megtörtént a szennyezés az azonnali intézkedésre vonatkozó terv?
- Van-e a környezetvédelmi-hulladékgazdálkodási szakembereknek víz alatti hulladékkezelési terve, milyen konkrét biztonságtechnikai előírásokkal?



8. ábra: A fémkereső (Kiss Leizer Géza Károly felvételei)

Az eredmények elérése érdekében konkrét célunk volt e két tavunkban található rejtett hulladékok bemutatása, a további elszennyezés megelőzhetőségének vizsgálata, a

környezetbiztonság és a környezettudatos magatartás és felelősség fontosságának hangsúlyozása.

Az eddig bevezetett biztonsági intézkedések ellenére sem hagyhatjuk figyelmen kívül az emberi tényezőt, ami a tavi szennyezések bekövetkeztét jelenti. A biztonság komplexitásának alapja az emberi megbízhatóság, tudva azt, hogy minden rendszerben a leggyengébb pont az ember. A tavakba bekerülő hulladékokkal szembeni környezetbiztonságunkat az ezek elleni veszély elhárítása eltávolításukkal, az ebből következő ideális környezetminőség megléte fogja jelenteni.

Mindenképpen figyelembe veendő az eddig feltáratlan tavi hulladékok speciális tulajdonságai, elsősorban veszélyességük jellemzői, a feltárás, kivétel, mentesítés, kezelés nehézségei, az időjárás, a helytelen környezettudatossággal szembeni és az egyéb körülmények okozta problémák.

A megoldásra olyan műszaki eszközök, speciális gépek alkalmazására van szükség, mint a zagyszivattyú, ami nagy nyomással a fenék legalább 30-40 cm-es részét kiszivattyúzza és akár 300 méteres távolságból is a part elkülönített részére továbbítja. Ehhez a tófenék strandolásra használt felső részeinek fellazítása szükséges, hogy a zagyszivattyú azt fel tudja szívni. A parton a kazettás szűrésre, víztelenítésre van lehetőség. Mindezek után a hagyományos módszerek alkalmazásával ez a víztelenített iszap kezelhető, abból a hulladék eltávolítható. A Balaton vízminőségének javítására, az ülepedett anyagok eltávolítására, készültek már matematikai modellek (sztochasztikus Monte Carlo szimuláció).

## 8 ÖSSZEZÉS

Tanulmányunkban röviden rámutattunk a rejtett hulladékok és környezetbiztonság egymást átfedő kapcsolataira és az eddig feltáratlan víz alatti tavi hulladékok aktuális problémáira. Elkövetkező kutatómunkánk célja a fentiekben felvázolt hulladékkezelési kérdések részletes elemzése, további tapasztalatok megszerzése.

Még egyetlen tudományos cikk sem jelent meg ebben a témában, ami rámutatott volna arra, hogy a Balaton és a Velencei tó alján miféle (sok esetben veszélyes) hulladékok találhatók. Több év kutató munkája alapján hívjuk fel publikációinkban az itt található hulladékok veszélyességét, a probléma mielőbbi megoldásának szükségességét.

Érthetetlen a visszautasítás, ellenállás, titkolózás, bezárkózás a témával kapcsolatban, hiszen mindannyiunk érdeke lenne, hogy megelőzhessük az ilyen jellegű hulladékok okozta rendkívül súlyos környezeti ártalmakat.

Ezek nagy része felelőtlenégből, mint az egyik jellemző emberi tényezőtől eredeztethető, de vegyük figyelembe, hogy visszahatnak magára az emberre, károsítva egészségét, esztétikai, környezeti és testi-lelki biztonságérzetét.

## KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A Szerző köszönetét fejezi ki Ürmös Gábor Úrnak az információk és a fotók megsztásáért, a Balaton és a Velencei tó ártalmas hulladékaik áldozatos, sok esetben egészségét kockáztató munkájának köszönhető feltárásáért, kisedéséért.

## IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Alsóörsi IL2: nyolc éve lett feltárva <http://www.roncskutatas.hu/sites/default/files/images/020.Mos%C3%A1s%20ut%C3%A1n.jpg>
- [2] Balatonból kikotort iszap (konkrét hulladék, melléktermék jellemzése) [http://mokka.hu/db/1/rec\\_list.php?db\\_type=mysql&lang=eng&sheet\\_type=36&datasheet\\_id=1250&sorszam=1250&order=cdate&sheet\\_type\\_filter=0&sheet\\_lang\\_filter=HU&alluser\\_filter=](http://mokka.hu/db/1/rec_list.php?db_type=mysql&lang=eng&sheet_type=36&datasheet_id=1250&sorszam=1250&order=cdate&sheet_type_filter=0&sheet_lang_filter=HU&alluser_filter=)
- [3] Csizi Csaba: Hidrotermálisan szilárdított falazóanyagok gyártása balatoni iszapból [www.szte.mtesz.hu/06journal/...2/epanyag\\_c5.pdf](http://www.szte.mtesz.hu/06journal/...2/epanyag_c5.pdf)
- [4] Kiss Leizer Géza Károly: A biztonságtechnika tudományának kapcsolatrendszere a hulladékok kezelésével Repüléstudományi Közlemények (1997-TÖL) 28:(2) pp. 109-122. (2016)
- [5] Kiss Leizer Géza Károly: Környezetbiztonság a hulladékok hasznosításában Hadmérnök X:(3) pp. 109-118. (2015)
- [6] Kiss Leizer Géza Károly, Berek Lajos: The Safety Technology Questions of Wastes Arising in the Course of Catastrophes in the Continental Traffic In: Bitay Enikő (szerk.) A XXI. Fiatal Műszaki Tudományos Ülésszaka előadásai. [Proceedings of the XXI-th International Scientific Conference of Young Engineers]. 452 p. (Műszaki Tudományos Közlemények - Papers on Technical Science; 5
- [7] Kiss Leizer Géza, Pokorádi László: Hulladékkezelési kérdések a légi közlekedésben Repüléstudományi Közlemények (1997-TÖL) XXVII:(2) pp. 17-25. (2015)
- [8] Kiss Sándor, Török László: Biztonságtechnika I-II. ZMNE jegyzet, Budapest, 2002.
- [9] Nagy\_folyoink\_es\_tavaink\_minosege <http://web.okir.hu/hu/cikk/221/>

# Épületek, mint objektumok vagyonbiztonságát veszélyeztető külső szerkezetek és építészeti megoldások értékelése

## Risk analysis of external structures and architectural solutions that compromise the security of buildings

Kasza Zoltán

Óbudai Egyetem Biztonságtudományi Doktori Iskola, Budapest, Magyarország  
[kaszazoltan81@gmail.com](mailto:kaszazoltan81@gmail.com)

**Összefoglalás:** Az objektumvédelem a vagyonvédelem egyik területe, ami az élőerős védelem mellett évtizedek óta modern mechanikai és elektronikai eszközök kombinált alkalmazásával valósul meg. Az épületek mechinikai védelmének tervezése majd megvalósítása során nem csak a bejutást közvetlenül akadályozó szerkezeti megoldásokra, hanem az épületek, mint objektumok vagyonbiztonságát veszélyeztető külső szerkezetek és építészeti megoldásokra is indokolt fókuszálnunk. Jelen cikk rámutat néhány külső építészeti és épületgépészeti elemre, amelyek potenciális veszélyforrást jelentenek, továbbá ezen kivitelezési megoldásokat elemezve javaslatokat fogalmaz meg a felmerült kockázatok csökkentésére.

**Kulcsszavak:** objektum, objektumvédelem, veszély, veszélyeztetettség, külső szerkezetek, biztonsági intézkedések

**Abstract:** Object protection is an area of property protection that has been in the field of live protection for decades with the combination of modern mechanical and electronic devices. When designing buildings for mechanical protection, we should focus not only on structural solutions that directly impede access, but also on external structures and architectural solutions that threaten the security of buildings and objects. This article points out some of the external architectural and building elements that are a potential source of danger and analyzes these design solutions to formulate suggestions to reduce the risks involved.

**Keywords:** structure safety, danger, safety instructions

### 1 BEVEZETÉS

Különböző tárgyakat, eszközöket, anyagi javakat, így az objektumokat is védeni kell minden olyan külső-belső hatás, tényező ellen, amik az üzemszerű működésüket, rendeltetés szerinti használatukat bármilyen módon veszélyeztetni. Állapotukat, értékteremtő folyamataikat folyamatos védelemmel kell támogatni, a biztonságos környezetüket fenn kell tartani. Az vagyonvédelem egyik fajtája az objektumvédelem. Dolgozatomban a külső szerkezetek, mint lehetséges jogszerűtlen megközelítési, behatolási lehetőségeket megteremtő elemeket mutatok be és általános biztonságnövelő és veszélyeztetettség csökkentő értékelést, javaslatokat adok a biztonság növelésére és a veszélyeztetettség csökkentésére

vonatkozóan. Nem térek ki az objektumok különböző légi megközelítésének lehetőségeire, alapvetően a csak a falmászással megvalósítható bejutási kísérletekre fókuszálok.

### 2 FOGALMAK

#### 2.1 Objektum

Az objektum szó a latin obiectum szóból ered, jelentése tárgy, építmény, valami létező dolog[1][2]. A köznyelvben és a különböző rendvédelmi, személy- és vagyonvédelmi területen használt fogalom. Míg a köznyelvben általában épületet és ritkább esetben tárgyat jelent, addig a különböző rendvédelmi szerveknél épületet, különböző rendeltetésű komplex létesítményt takar.

#### 2.2 Objektumok csoportosítása

Az objektumoknak nagyon sok fajtája, típusa létezik, ezért indokolt a csoportosításuk, ami döntően kihat azok veszélyeztetettségre, a kockázatelemzéseken nyugvó és akár egyedileg alkalmazandó őrzés és védelem fajtájára, a differenciált védelmi intézkedésekre stb.

A természetes és mesterséges objektumok csoportosítása azok rendeltetési funkciói szerint [3]:

- oktatási, sport és kulturális létesítmények,
- kórházak és más egészségügyi létesítmények,
- hír- és távközlési létesítmények,
- kommunális építmények, anyagraktárak,
- egyházi létesítmények,
- bankok és pénzintézetek,
- államhatalmi és államigazgatási, társadalmi és politikai szervezetek épületei, létesítményei,
- termőföldek, erdők, természetvédelmi területek,
- a közlekedési infrastruktúra építményei.

Globális elhelyezkedésük szerint:

- szárazföldön (föld alatt),
- vízben (víz alatt),
- légtérben (légtéren kívül, űrben).

Földrajzi infrastrukturális elhelyezkedésük szerint:

- lakott területen,
- központban,
- külvárosi részben,



- lakott területen kívül.

Védelem jellege szerint:

- élőerős védelem (emberi, állati),
- nem élőerős védelem (technikai eszközök),
- kombinált védelem.

Építészeti adottságok, méretek, területi kiterjedésük és jellegük szerint:

- egy építményből vagy több, egymáshoz kapcsolódó építményekből álló,
- kerítéssel körülvett vagy közvetlenül idegen infrastruktúrához kapcsolódó,
- kisméretűtől az extra magas méretűig terjedő,
- az épület anyaga alapján kis -, nagy szilárdságú, új vagy amortizálódott állagú,
- a nyílászárók száma, elhelyezkedése, méretei,
- az építészeti jellegzetességek, azok dominanciája (párkányok, erkélyek, díszítőelemek stb.),
- építészeti jellegük szerint (modern vagy műemléki technológiájú, külső állandó épületgépészeti elemek stabil,- mobil alkalmazások megléte).

Ezen felül más vizsgálati szempontok alapján több csoportosítási módot is megkülönböztethetünk még (pl. speciális építészeti körülmények, stabil-mobil objektum, beléptetési rend, működési-fenntartási rend stb.), ezekre azonban a dolgozatomban terjedelmi okok miatt nem térünk ki.

### 2.3 Veszély, veszélyeztetettség, biztonság, biztonsági intézkedések

Ha egy személy normál életvitelét, egy szervezet vagy objektum rendeltetésszerű működését egy vagy több tényező veszélyezteti, akkor veszélyeztetésről, veszélyeztetettségéről beszélünk. Veszély vagy veszélyeztetettség az a negatív kölcsönhatás, aminek közvetett vagy közvetlen hatása van a biztonságra.

Biztonság alatt érthetjük, ha a kockázatelemzésen nyugvó veszélyeztetettséget egy előre definiált szintekre besorolva, azt egy bizonyos eldöntött szinten elfogadottnak ítéljük. Ebből következik, hogy abszolút – tehát veszélyeztetettség nélküli – biztonság nem létezik.

Biztonsági intézkedéseknek nevezzük, ha a veszélyeztetés, veszélyeztetettség kockázatait felmérve és beazonosítva, azok hatásainak minimalizálása érdekében, térben és időben differenciáltan lépéseket teszünk, biztonsági intézkedéseket, rendszabályokat fogantatunk. Minden szervezet alapvető érdeke, hogy megteremtse a védekezés feltételeit. Amennyiben a biztonsági intézkedések és rendszabályok megfelelően biztosítják az adott szervezet rendeltetésszerű működését az előbbieken definiált kockázati szinten, akkor biztonságról beszélünk. Ezek a biztonsági intézkedések és rendszabályok lehetnek megelőző vagy elhárító jellegűek. Indokolt esetben ezeket az intézkedéseket, rendszabályokat Objektum Biztonsági Szabályzatban is összefoglalhatjuk.

### 2.4 Természetes és mesterséges veszélyek

A személyeket, szervezeteket és objektumokat igen sokféle és jellegű természetes és mesterséges veszély fenyegeti. A súlyosan károsító természetes veszélyeket, eseményeket természeti katasztrófáknak hívjuk, míg a mesterséges veszélyeket egyrészt külső emberi behatások

(pl.: erőszakos behatolások), illetve belső emberi szándékos vagy gondatlan cselekményekből adódó hatások (pl.: váratlan tüzeset, robbanások, mechanikai sérülések, károk, stb.), szélsőséges esetben ipari katasztrófák jelentik. Az objektumok biztonsága tehát olyan rendeltetésszerű működést, helyzetet jelent, amelyben az ottani munkavállalók és az anyagi javak sértetlensége alapvetően biztosított, veszélyeztetettségük minimális.

### 2.5 Külső szerkezetek fogalma

Külső szerkezeteken az adott objektum külső falán (burkolaton, héjszerkezeten) kívüli, de az épület rendeltetésszerű működését biztosító, támogató, állandó épületgépészeti elemek (csatorna, tűzlépcső, villámhárító stb.) elemeket, rendszereket érthetjük, amelyek önsúlyukon kívül statikailag nem teherviselő elemek. Az esztétikai elemek (szobrok, faldíszítések) is ide sorolandók. Ideiglenes elemek lehetnek a felújítások, rekonstrukciók során a külső burkolattal, héjszerkezettel közvetlen kapcsolatban lévő elemek, gépek (állványzatok, daruk, felvonók, törmelékcsúszda stb.).

## 3 KÜLSŐ BEHATOLÁSI LEHETŐSÉGEK

Objektumvédelem három fő pilléren nyugszik: a jogellenes cselekmények megelőzése, a bekövetkezett cselekmények megszüntetése, illetve a cselekmény folytatásának megakadályozása. Ezekre az eseményekre lehetőség szerint előre, térben és időben tervszerűen készülni kell. Ez álláspontom szerint azt jelenti, hogy az objektumra vonatkozó veszélyeztetettségi terv alapján biztonsági rendszabályokat és intézkedéseket dolgozunk ki, folyamatosan aktualizáljuk azokat (pl.: jogszabályok, szabványok, belső utasítások, védelmi tervek, előre definiált intézkedések, stb.), és rendszeres oktatásokon megismertetjük ezeket a munkavállalókkal.

A különböző illetéktelen, bűnözői, jogellenes csoportok behatolási céljai miatt a veszélyeztetettség gyakorlatilag minden objektum típusnál jelentkezik, de más kockázati szinten. Az objektumvédelem egyik feladata ezen jogellenes tevékenységek megakadályozása. Az ilyen típusú feladatok összességét biztonságtechnikának nevezzük. A behatolást megakadályozni szinte lehetetlen, illetve aránytalanul nagy ráfordítással hozható létre így a biztonságtechnika a magas fokú akadályozást valósítja meg. A külső behatolási lehetőségek lehetnek ajtókon, ablakokon, tetőablakokon történő jogellenes belépések, akár hamis okmányok és hasonló egyen-munkaruha felhasználásával a jogszerűség látszatát keltve, továbbá a szellőző-, szennyvíz-, villámvédelmi-, vagy ideiglenes épületgépészeti rendszereken történő jogellenes behatolások, szélsőséges esetekben erőszakos robbantásokkal vagy nagysebességű lesúlyozott járművekkel okozott betörések is. A biztonságtechnika magas fokú aktív és passzív akadályozással biztosítja a védelmet. A továbbiakban az objektum vagyónbiztonságát érintő, állandó épületgépészeti elemek, mint a biztonságot veszélyeztető külső szerkezetek és építészeti megoldások néhány esetére szeretnék rávilágítani, megvizsgálni és értékelni.

A nem földszinten lévő bejutási pontokhoz az elkövető(k)nek az előzőekben is tárgyalt különböző állandó vagy ideiglenes épületgépészeti elemek állhatnak rendelkezésére, amelyeket jellemzően mászási folyamat során használnak. Állandó elemek lehetnek a

villámhárítók, csapadékvíz csatornák, párkányok, különböző dekorációs vagy reklám és média elemek, külső automata szellőztető és fénycsővezető rendszerek, ezek kombinációi stb., míg ideiglenes elemek lehetnek az állványzatok, daruk, áru- és anyagfelvonók, törmelékledobó csúszda, mobil kerítés stb.

### 3.1 Villámhárítók

Ez az épületgépészeti elem kiváló lehetőség a felmászási tevékenységek megvalósítására. A felhasznált alumínium ötvözet sodrony [4] igen erős, mechanikai teherbírása nagy. Igénybevétel a sodrony húzására, a konzol lehajlására és a befogatási pontra kerül kiszámításra.

#### 3.1.1 Sodrony teherbírásának számítása

Vezeték típusa:

7×2,1 mm AlMgSi ötvözet [4]

Vezeték keresztmetszete ( $A_v$ ):

$$A_v = 7 \times (2,1/2)^2 \cdot \pi \text{ mm}^2 = 24,24 \text{ mm}^2$$

Sodrony szakítószilárdsága ( $\sigma$ ) MPa-ban:

$$\sigma_{\text{megengedett}} = \sigma_{\text{meg}} = 295 \text{ N/mm}^2$$

Terhelhető maximális erő:

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (1)$$

$$F_{\text{max}} = \sigma_{\text{meg}} \cdot A_v$$

$$F_{\text{max}} = 295 \text{ MPa} \cdot 24,24 \text{ mm}^2 = 7150,8 \text{ N}$$

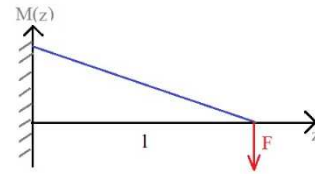
Tömegre átszámítás:

$$m_{\text{max}} = \frac{F}{g} = \frac{7150,8 \text{ N}}{9,81 \text{ m/s}^2} \approx \text{kb. } 729 \text{ kg} \quad (2)$$

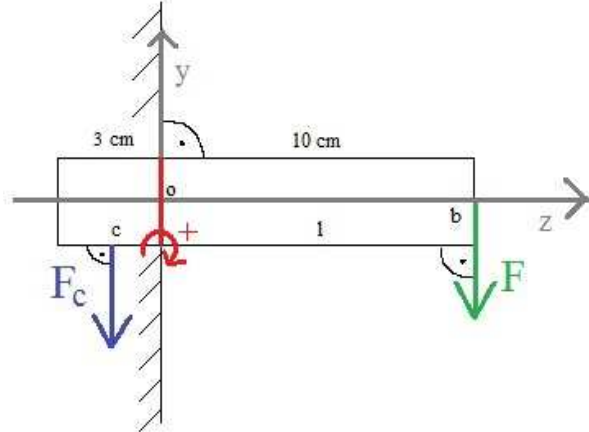
A számításból látszik, hogy már a legkisebb átmérőjű (és teherbírási) sodrony is képes több mint 700 kg teher megtartására. Számítás 729 kg-t mutatott ki, de a gyártó 6,8 kN-t, azaz kb. 693 kg-t ad erre az értékre [4]. Tapasztalati megfigyeléseim szerint a villámhárítók átmérője ennél vastagabb, az ipari létesítmények villámhárító kábeleinek átmérője 10 mm-nél is nagyobb.

#### 3.1.2 Konzol teherbírásának számítása

A nyomatóki igénybevételi ábrán látható (1.sz. ábra), hogy a kritikus keresztmetszet a  $z = 0$  pont lesz. Ez a pont a fal síkjában található (2.sz. ábra). Itt lép fel a legnagyobb forgatónyomatóki igénybevétel. A legnagyobb húzó- és nyomófeszültség ( $\sigma$ ) az  $y = b/2$ , ill. az  $y = -b/2$  helyeken keletkezik, nagyságuk megegyezik, azonban az irányuk ellentétes lesz (3.sz. ábra).



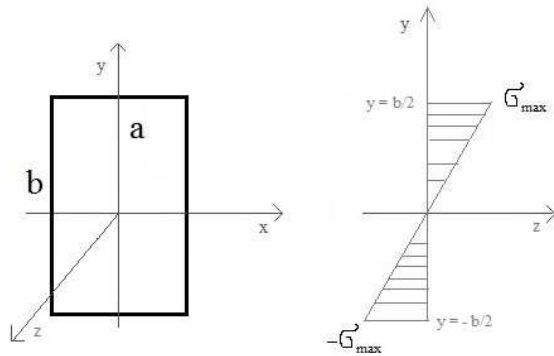
1.sz. ábra: Nyomatóki igénybevételi ábra



2.sz. ábra: Befogott konzol a falban és paraméterei

A norma szerint meghatározottak alapján a kivitelezés során egy méterenként kell konzolt tenni a villámhárító felfogatásához, ill. éghető szigetelő- anyag alkalmazása esetén 10 cm távolságra kell a levezetőt elhelyezni a faltól. A villámhárító mechanikai igénybevételét egy felmászó ember tömegével kalkulálva és a terhelést viselő konzolok számát az érintett személy felett elhelyezkedő tartók számával kell figyelembe venni. A levezető sodrony mechanikai kialakítása gyakorlatilag csak a húzó igénybevétel elviselésére alkalmas, nyomó igénybevétel elviselésére csak elhanyagolható mértékben képes.

Felmászási tevékenység során a számításokat a legnagyobb várható igénybevételre kell elvégezni, amikor az érintett objektumba a jogellenes behatolást megkísérlő személy szintje felett már nem található emelet, csak a tető. Ebben az esetben a tartó konzolok száma az indokolt legkevesebb és ebből adódóan a fajlagos terhelés a legmagasabb értéket éri el. Az alábbiakban bemutatott példában egy 2,7 méteres emeleti magasságot figyelembe véve esetünkben minimum még 2 db. konzol tartja a felmászó személyt. Véleményem szerint elegendő egy személlyel számolni, ugyanis nagyon kis valószínűsége van, hogy a jogellenes bejutást tervező személyek egy időben kísérelnének meg mászási tevékenységet. Több emelet esetén ez kiemelten kockázatos, egy emelet esetén pedig nem életszerű. Nincs statisztika a behatolást megkísérelt személyek pontos testsúlyára vonatkozóan, ugyanakkor egy 2009-es adatok szerint a magyar férfi átlag tömege 81 kg volt [5]. Ruházat, felszerelés miatt a számításhoz közel 30% tömegnövekedést, 105 kg-t vettem figyelembe.



3.sz.ábra: Húzó- és nyomó igénybevételi ábra

$$f = 0,09 \text{ mm} \approx 0,1 \text{ mm}$$

### 3.1.3 Befogási pont teherbírásának számítása

Befogási pontnál ( $z = 0$ ) a falhoz rögzített konzolt 3 cm mélyen beépítettnek tekintem.

Felfekvő felület az  $xz$  síkban ( $A_c$ , 2.sz. ábra):

$$A_c = a \cdot c = 4 \text{ mm} \cdot 30 \text{ mm} = 120 \text{ mm}^2$$

Az ellentartó erő ébredési pontja a fal síkjától befelé 15 mm távolságban található a  $z = -c/2$  pontban, iránya pedig az eredő gravitációval azonos irányú (2.sz. ábra).

Számítási adatok:

|  |       |
|--|-------|
| $n$ – konzolok száma                             | (db.) |
| $a$ – konzol szélessége                          | (mm)  |
| $b$ – konzol magassága                           | (mm)  |
| $c$ – konzol hossza a falban                     | (mm)  |
| $l$ – konzol hossza a faltól                     | (m)   |
| $m$ – mászó ember tömege                         | (kg)  |
| $G$ – mászó ember súlya                          | (N)   |
| $F$ – egy konzolra ható terhelő erő              | (N)   |
| $F_c$ – ellentartó erő a $-c/2$ pontban          | (N)   |
| $M$ – forgatónyomaték az $z = 0$ pontban         | (Nm)  |
| $\alpha$ – $F$ erő és a konzol által bezárt szög | (°)   |

$$G = m \cdot g = 105 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 = 1030,05 \text{ N} \quad (3)$$

$$F_{\text{konzol}} = F = G / n = 1030,05 / 2 = 515,025 \text{ N} \quad (4)$$

$$M = F \cdot l \cdot \sin \alpha \quad (5)$$

$$M = 515,025 \text{ N} \cdot 0,1 \text{ m} \cdot \sin 90^\circ$$

$$M = 51,5025 \text{ Nm} = 51502,5 \text{ Nmm}$$

Konzol keresztmetszete ( $A_k$ ):

$$A_k = a \cdot b = 4 \text{ mm} \cdot 30 \text{ mm} = 120 \text{ mm}^2$$

Másodrendű tehetetlenségi nyomaték  $x$ -tengelyre ( $I_x$ ):

$$I_x = a \cdot b^3 / 12 = 4 \cdot 30^3 / 12 = 9000 \text{ mm}^4 \quad (6)$$

Legnagyobb húzó és nyomó feszültség ( $\sigma_{\max}$ ):

$$\begin{aligned} \sigma_{\max} &= M_{\max} / I_x \cdot y_{\max} = M_{\max} / I_x \cdot (b/2) \quad (7) \\ \sigma_{\max} &= 51502,5 \text{ Nmm} / 9000 \text{ mm}^4 \cdot 15 \text{ mm} \\ \sigma_{\max} &= 85,83 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Az előzőekben tárgyaltak alapján mivel a maximális feszültség ( $\sigma_{\max}$ ) kisebb, mint a megengedett feszültség ( $\sigma_{\text{meg}}$ ), ezért a tartókonzol képes a teher megtartására.

Legnagyobb lehajlás ( $f$ ):

$$\begin{aligned} f &= -F \cdot l^3 / (3 \cdot I \cdot E) \quad (8) \\ f &= -515,025 \text{ N} \cdot 100^3 \text{ mm}^3 / (3 \cdot 9000 \text{ mm}^4 \cdot 210 \text{ 000 N/mm}^2) \end{aligned}$$

$$\Sigma M_i = 0 \quad (9)$$

$$0 = F \cdot l - F_c \cdot c/2$$

$$F_c = F \cdot l / (c/2) = 515,025 \text{ N} \cdot 0,1 \text{ m} / 0,015 \text{ m} = 3433,5 \text{ N}$$

Ellentartó erő felfekvő felületre elosztva a falban:

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

$$\sigma_{\max} = F / A_c = 3433,5 \text{ N} / 120 \text{ mm}^2 = 28,61 \text{ N/mm}^2$$

Mivel a kiszámított feszültség ( $\sigma_{\max}$ ) kisebb, mint a beton szakítószilárdsága [6][7] a konzol a befogási pontban marad, nem szakad ki onnan. Fontos megjegyezni, amennyiben a konzol a falba „beöntésre” került akkor kötés miatt a függőleges oldalain fellépő ellentartó nyíróerő, ill. az alsó vízszintes felületen képződő ellentartó húzóerő további teher megtartására teszi alkalmassá a tartót. Amennyiben a konzol szigetelőanyagba, vakolatba, habarcsba kerül elhelyezésre, akkor a kiszámított mechanikai feszültség azonnal megbontja a kapcsolatot, mert ezen anyagok szilárdságtani mutatói jelentősen kisebbek a létrejövő feszültségnél [8][9]. Megelőzés egy formája lehet pár méter magasságig gyenge konzol vagy gyenge felfogatás használata mely kis terhelés hatására is kiszakad a falból, elijesztve a behatolást megkísérítő személyeket.

**Értékelés:** potenciális veszélyforrás, főleg a „létra” elrendezésű és kivitelezésű megoldások, kivétel, ha a konzol beépítése szigetelőanyagba, vakolatba történt.



1. sz. kép: Villámhárító konzolos felfogással [10]



2. sz. kép: Villámhárító a tetőn [11]

látható ablakrács mely habár magas fokú védelmet biztosít a földszinti ingatlan részére, de ezzel egy időben teremti meg a lehetőséget az első emeletre való feljutáshoz. Filmekben is látható különböző épületi díszítőelemeken való mászások, mozgások. Ezek lehetnek párkányok, illetve különböző fali díszítések, szobrok (5. – 6. sz. ábra, 3. – 4. sz. kép).



4.sz. ábra: Csapadékvíz-csatorna és lehetséges gyenge pontjai  
Forrás: saját kép



5.sz. ábra: Wilson épület Dallasban (USA) [12]

### Megelőző, akadályozó lehetőségek:

Mechanikai védelem. Tetszőleges irányú „vadrácsok” alkalmazása, eltérő szakítószilárdságú, de azonos vezetőképességű villámhárító kábel – akár ötvözet – alkalmazása.

### 3.2 Csapadékvíz-csatornák

Ezek a csatornák is alkalmasak arra, hogy valaki mászási folyamat során az épület különböző pontjaira eljusson. Nagyon fontos az illesztési pontok teherbíró képessége, ugyanis a mászáshoz valamekkora oldalirányú erő kifejtése is szükséges. Amennyiben ezek a pontok nincsenek megfelelően egymásba rögzítve, az épületgépészeti elemhez, akkor az azonnal szétcsúszik, megakadályozva ezzel az illegális tevékenységet elkövetni szándékozó személyt.

**Értékelés:** potenciális veszélyforrás, ha a csatorna csatlakozó pontjai megfelelően és szakszerűen kerültek összeillesztésre és rögzítésre (4. sz. ábra).

### Megelőző, akadályozó lehetőségek:

Mechanikai védelem. Tetszőleges irányú „vadrácsok” alkalmazása. Speciális illesztésű csatornaelemek felhasználása, amelyek oldalirányú erő hatására széteső kötőelemeket tartalmaznak.

### 3.3 Épületdekorációs megoldások

Többen nem is gondolnak bele, hogy már egy egyszerű dekorációs megoldással is nagyon sokat segítenek az illetéktelen bejutásban. Tipikus példája ennek a 3. sz. képen



6.sz. ábra: Városháza épülete (Leuven, Belgium) [13]



3.sz. kép: Rács földszinti ablakokon  
Forrás: saját kép



4.sz. kép: Peremes faldiszítás  
Forrás: saját kép

#### • Ablakpárkányok.

Megelőzésben sokat segít, ha az ablakok nem vagy csak minimálisan rendelkeznek párkánnyal. Sok esetben nem csak a mászást, hanem az ablak felfeszítését is nagyban segíti, mert ott helyet tud foglalni az elkövető pihenés, illetve különböző egyéb műveletek végrehajtására.

#### • Épületpárkányok (szintenként).

Városi utazásaink során, sok helyen találkozhatunk az alábbi példákkal (5. – 6. sz. kép). A 5. sz. képen látható egy olyan épület, amelyen az illetéktelen behatoló annak speciális párkányára való feljutása után gyakorlatilag bármelyik iroda ablakához képes eljutni. Ez a fajta épületépítészeti elem erősen csábító az illetéktelen behatolás elkövetésére.



5. sz. kép: Irodaépület Budapesten (Budafoki út - Irinyi József sarok)  
Forrás: saját kép

Az 6. sz. képen lévő épület két oldalán vélhetőleg kiürítési céllal épült külső lépcső látható. Védelme kiemelten fontos, ugyanis ilyen közlekedési lehetőség során az elkövetők nagyon könnyen, mászás nélkül juthatnak fel az épületek szintjeire, illetve könnyen tudnak nagyobb és nehezebb tárgyakat is mozgatni vagy eltulajdonítani.



6.sz. kép: Irodaépület Budapesten (Örs vezér tere)  
Forrás: saját kép

#### • Külső szellőztető és fényárnyékoló elemek.

A párkányhoz hasonló, állandó épületépítészeti elemként definiálhatjuk a külső mozgósárnyas szellőztető és fényárnyékoló rendszereket, amelyek kezdenek elterjedni mai modern építészetben. Ilyeneket láthatunk a 7. – 8. sz. képeken.

A külső behatolás - mászás szempontjából - csak első látásra tűnhet könnyűnek, ugyanis nappal az automata szárnyak bármikor elmozdulhatnak a változókéony felhőátvonulások alkalmával, éjjel pedig a biztonsági tervnek megfelelően véletlenszerű programmal időnként mozgásba lendülnek néhányszor. Továbbá vegyük figyelembe, hogy a fal és az építmény közé nem fér be egy ember – még ha rendkívül kis növésű is –, illetve a hegymászói szempontból a negatív hajlásszögű sima felületek folyamatos leküzdése rendkívüli felkészültséget és speciális felszereléseket igényel. Ilyen eszközök lehetnek a különböző tapadó korongok és passzív és aktív mászó csáklók, amelyek rendkívül széles választékából mutatok be néhányat a 9. – 12. sz. képeken. Egyik ilyen eszköz a Gripping Hook Gun (GHG), azaz a mászó csákló kilövő és típustól függően a behatoló személyt fel is csörlöző eszközök.



7.sz. kép: A német Szövetségi Parlament teteje (Bundestag, Berlin, Németország) [14]



8.sz. kép: Európai Parlament épülete (Strasbourg, Franciaország) [15]



9.sz. kép: Mászó-tapadó korong egy formája [16]



10.sz. kép: Passzív mászó csáklya [17]



11.sz. kép: Aktív mászó csáklya egy típusa [18]



12.sz. kép: Aktív mászó csáklya [19]

**Értékelés:** kiemelt veszélyforrások

### Megelőző, akadályozó lehetőségek.

Mechanikai védelem. Rácsos lezárás, kamerás megfigyelés, esetleges élőerős külső-belső őrzés járőrözéssel (kombinált védelem), ahol a veszélyeztetettség időszakonként eltérő szintjéhez igazított ciklikus váltási és járőrözési idők alkalmazása. A régi stílusú vagy műemlék jellegű épületek külső, mászás során fogódzónak is használható dekorációs elemeinek restaurációja alkalmával időjárásálló, de kis szakítószilárdságú anyagok alkalmazása. Távolról nem látható, vákuumsökkentő mikro-élesztett (amorf üveg-granulátumok) felhordása a felületekre, illetve nagyon kicsi súrlódási és tapadási együtthatójú anyagok alkalmazása a burkolatokon, ami a mászó-behatolót váratlan, improvizatív döntéskényszerbe hozza, csökkentve ezzel a felszerelése hatékonyságát.

Optikai védelem: nagy erejű fényvilágítás, villódzó futófényekkel kombinálva. Rejtett, külső, speciálisan súlykalibrált mozgás érzékelők, lézerkapuk, különböző

hullámtartományú kamerák, távirányítású drónok az épület riasztó rendszeréhez kapcsolva.

Preventív héjvédelem: speciális felületek, burkolatok alkalmazása, kiegészítve más közeli objektumok kamerarendszereinek összevont adatbázis kezelésével. A mozgó épületépítészeti elemek váratlan, aperiodikus aktiválása éjjel is.

### 4 ÖSSZEFOGLALÁS, KÖVETKEZTETÉSEK

Áttekintve, elemezve és értékelve a fogalmakat megállapíthatjuk, hogy a biztonság, az objektumbiztonság igen összetett fogalomkör. A matematikai látásmóddal közelítve a veszély és a veszélyeztetettség fordítottan arányos a biztonsággal. Ez azt jelenti, hogy alacsony szintű veszélyeztetettség magas szintű biztonsággal, míg magas szintű veszélyeztetettség alacsony szintű biztonsági szinttel párosul. Ezek a hatások időben változó differenciált szinteken, egymással szoros kölcsönhatásban vannak az adott konkrét objektum esetében és egyedileg jellemzik azt.

Megállapíthatjuk tehát, hogy abszolút biztonság nem létezik, csak az érintett objektum esetében illetékes személy által valamilyen kockázati szintet elfogadó döntése alapján történő alaprendeltetés szerinti biztonságos működés, működtetés. Ezek alapján feltétlenül indokolt a már megépített objektum esetében egy mindenoldalú kockázatelemzésen nyugvó biztonsági rendszabályok és intézkedések előre történő kidolgozása.

Amennyiben az objektum jellege, az alkalmazott építészeti megoldásai indokolják, akkor célszerű ezeket egy koherens okmányban is összefoglalni (Pl.: Objektum Biztonsági Szabályzat, Veszélyeztetettségi Terv stb.), amelyben így a preventív védelem holisztikus megközelítésének szinergiái is a rendeltetés szerű működés során folyamatosan kihasználhatók, nagyságrendekkel növelve ezzel az objektum biztonságát. Ezeket az okmányokat rendszeresen szükséges felülvizsgálni (monitoring), illetve a külső-belső körülmények változásai által determinált veszélyeztetettség fokozódása/csökkenése esetén esetileg beavatkozva aktualizálni (kontrolling).

Kifejezetten kívánatos és a biztonság fenntartását hasznosan támogatja, ha a rendeltetés szerű működésben, fenntartásban érintett munkavállalók az objektumvédelem, továbbá az élet-és vagyonbiztonság rögzített szabályait, előírásait a rájuk vonatkozó mértékben ismerik, az erre irányuló oktatásokon részt vesznek, azokat a napi munkavégzésük során alkalmazzák és betartják. Kombinált héjvédelem esetén az objektum állományába esetleg nem tartozó biztonsági szolgálat munkavállalói ezeken a konkrét ismeretekeken túl - a kölcsönösen egyező érdekek alapján – együttműködhetnek más, a közelben lévő biztonsági szolgálatokkal hozzájárulva ezzel a jogellenes behatolási kísérletek közös felderítésében, megakadályozásában vagy azok késleltetésében.

A tulajdonosnak (építetőnek) az épületek, objektumok vagyonbiztonságát veszélyeztető állandó külső szerkezetek technikai, technológiai, építészeti megvalósítása, restaurációja során célszerű olyan kivitelezési megoldásokra törekedni, amelyek egyrészt az általam tárgyalt és bemutatott néhány eset összegzett értékelései alapján megnehezítik a jogtalan behatolásokat, időben jelzik az esetleg már megkezdett jogellenes cselekményeket, másrészt váratlan helyzetek előidézésével a behatolót mászás során improvizatív döntések sorozatára kényszeríti. Az így időzavarba kerülő,

bármilyen fejlett technikai eszközökkel is felszerelt behatoló sikeres elfogásának valószínűsége ezzel jelentősen megnő.

#### IRODALOMJEGYZÉK

- [1] AZ objektumok is a biztonság általános kérdései  
[http://vkk.feek.pte.hu/files/tiny\\_mce/File/2008\\_2009\\_II/civ\\_bizt/06\\_objektumvedelem.pdf](http://vkk.feek.pte.hu/files/tiny_mce/File/2008_2009_II/civ_bizt/06_objektumvedelem.pdf)  
Letöltés ideje: 2017.04.18.
- [2] Szabó Lajos: *Személy és Tárgyvédelem*  
<http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:Mgy-iwCf3lwJ:www.gbi.bgk.uni-obuda.hu/oktatas/segedanyagok/kornyezet/biztonsagszervezes/7.eloadas.ppt+&cd=3&hl=hu&ct=clnk&gl=hu>  
Letöltés ideje: 2017.11.18
- [3] Dr. Berek Lajos, Dr. Berek Tamás, Berek László: *Személy- és vagyónbiztonság*, ÓE-BGK 3071, Budapest, 2016
- [4] <http://shop.villamossagidiszkont.hu/aludur-25-sodrony-aasc>  
Letöltés ideje: 2017.04.11.
- [5] <https://infostart.hu/életmod/2009/09/30/kivancsi-ra-milyen-a-tipikus-magyar-ferfi-306287>
- [6] Farkas György – Kovács Tamás – Szalai Kálmán: *Beton-szerkezetek tervezése az EUROCODE szerint, p.1.*
- [7] [http://tudasbazis.sulinet.hu/hu/0d0cc85d-f7b5-41fb-aec0-d1b8362c7ebf\\_e90c4562-46d5-4b3a-a5ed-d640f67b512a\\_ee85c6bc-112c-4445-aa74-0565e2d946aa\\_16873b65-adac-4ea3-9c31-5f2bb3bcac68\\_33a35bdf-da8c-45f9-a218-5b93b7768c1e\\_6129f805-4c8c-4e7f-b5c3-eb8fd13fd1d\\_818bf879-d6ff-46a8-8fa9-2c3b4d13d6f3\\_42d56ca3-b214-461b-a431-ed5e89fd7814\\_c7965f18-48e4-4c90-b3d1-8c1f65cd4ec1\\_0ec3b0fa-e0fa-496f-bf77-b6c3c0959e41](http://tudasbazis.sulinet.hu/hu/0d0cc85d-f7b5-41fb-aec0-d1b8362c7ebf_e90c4562-46d5-4b3a-a5ed-d640f67b512a_ee85c6bc-112c-4445-aa74-0565e2d946aa_16873b65-adac-4ea3-9c31-5f2bb3bcac68_33a35bdf-da8c-45f9-a218-5b93b7768c1e_6129f805-4c8c-4e7f-b5c3-eb8fd13fd1d_818bf879-d6ff-46a8-8fa9-2c3b4d13d6f3_42d56ca3-b214-461b-a431-ed5e89fd7814_c7965f18-48e4-4c90-b3d1-8c1f65cd4ec1_0ec3b0fa-e0fa-496f-bf77-b6c3c0959e41)  
Letöltés ideje: 2018.02.10.
- [8] <http://tudasbazis.sulinet.hu/hu/szakkepzes/epiteszet/epitoanyagok/a-habarcok-csoportositasa-rendeltetesuk-szerint-a-falazo-burkolo-feluletkepzo-es-a-kulonleges-habarcok-osszetetelekészítése-jellemzo-tulajdonsagai/habarcok-csoportositasa-falazo-habarc>  
Letöltés ideje: 2018.03.10.
- [9] <https://www.lb-knauf.hu/Termek/Vakolatok/Homlokzatialapvakolatok>  
Letöltés ideje: 2018.03.11.
- [10] [https://st2.depositphotos.com/5264263/8106/i/450/depositphotos\\_81061820-stock-photo-house-lightning-rod-system-close.jpg](https://st2.depositphotos.com/5264263/8106/i/450/depositphotos_81061820-stock-photo-house-lightning-rod-system-close.jpg)  
Letöltés ideje: 2017.04.07.
- [11] <http://www.evite.hu/Referenciak?id=7>  
Letöltés ideje: 2017.04.11.
- [12] [https://www.flickr.com/photos/stevenm\\_61/8096184492](https://www.flickr.com/photos/stevenm_61/8096184492)  
Letöltés ideje: 2018.02.03.
- [13] <https://www.canstockphoto.de/stadt-gotische-belgium-leuven-10394714.html>  
Letöltés ideje: 2018.02.03.
- [14] <http://gallery.nen.gov.uk/asset91362-.html>  
Letöltés ideje: 2017.04.08.
- [15] [http://www.tankonyvtar.hu/en/tartalom/tamop425/0005\\_19\\_europai\\_unio\\_scorm\\_03/335\\_a\\_nagyobb\\_hatskr\\_s\\_tbb\\_felelssg\\_szerzds\\_e.html](http://www.tankonyvtar.hu/en/tartalom/tamop425/0005_19_europai_unio_scorm_03/335_a_nagyobb_hatskr_s_tbb_felelssg_szerzds_e.html)  
Letöltés ideje: 2017.04.08.
- [16] [https://www.lightinthebox.com/hu/kis-tapadokorongos-fogazasu-hajtomu-karosszeriaelem-eltavolito-szerszam\\_p6142022.html?category\\_id=35757&prm=1.2.1.1](https://www.lightinthebox.com/hu/kis-tapadokorongos-fogazasu-hajtomu-karosszeriaelem-eltavolito-szerszam_p6142022.html?category_id=35757&prm=1.2.1.1)  
Letöltés ideje: 2017.04.10.
- [17] <https://www.thisiswhyimbroke.com/pocket-sized-grappling-hook/>  
Letöltés ideje: 2017.04.08.
- [18] [http://tuckerverse.wikia.com/wiki/NL\\_LP4\\_Hookshot](http://tuckerverse.wikia.com/wiki/NL_LP4_Hookshot)  
Letöltés ideje: 2017.04.11.
- [19] <http://www.tested.com/tech/1384-the-pneumatic-grappling-hook-silent-and-deadly/>  
Letöltés ideje: 2017.04.11.

# Az IT biztonsági programok sikerességére ható szervezeti képességek II.

## The impact of organizational capabilities on the success of IT security programs II.

Kiss Miklós

Óbudai Egyetem Biztonságtudományi Doktori Iskola, Budapest, Magyarország

ORCID: 0000-0002-8826-0573

kismkls@gmail.com

**Összefoglalás:** nagy változást hozott a 2013. évi L. törvény a magyar közigazgatási szféra számára. Ezen szervezeteknek ezentúl mind a jelenleg üzemeltetett, mind a jövőben kialakításra kerülő rendszerek tekintetében meg kell felelni az új, eddig az állami környezetben nem alkalmazott információbiztonsági keretrendszernek. Jelen cikk bemutatja mindazon – a szervezet részéről fontos – szempontokat és kompetenciákat, amelyek hatással vannak a törvény által megfogalmazott feladatok végrehajtására, különös tekintettel az Európai Unió forrásainak segítségével megvalósuló beruházásokra, valamint összeveti az állami és privát szférát jellemző kompetenciákat.

**Kulcsszavak:** kompetencia, felmérés, COBIT, ITIL

**Abstract:** the L law of 2013 has changed the Hungarian public administration sector significantly. Beginning 2013 these organizations – in regards of currently used and newly established systems – have to comply with this new information security framework that has previously not been applied in the government sector. This writing will showcase all considerations and competencies important for an organization, which affect the execution of regulatory tasks, especially regarding investments funded by the European Union. It will also compare competencies of the government and private sector.

**Keywords:** competence, assessment, COBIT, ITIL

### 1 BEVEZETÉS

A cikk előző része bemutatta mindazon szervezeti adottságokat és képességeket, amelyek kvantitatív elemzésével feltárhatók a pontos összefüggések, valamint a fajsúlyosabb kompetenciák. A feltárt kompetenciák fejlesztésére való fókuszálás hozzásegítheti a szervezeteket a magasabb érettségi állapotba történő eljutáshoz, ezáltal a kibernetikai szint általános növekedéséhez. A következő elemzés tehát az előző részben feltárt jellemzők alapján keresi azokat a speciális tulajdonságokat / változókat, amelyek ezekre szignifikáns hatást fejtenek ki. Az elemzés az összefüggéseket és a változókat mérhetővé, ezáltal a méréseket megismételhetővé teszi.

### 2 KUTATÁSI EREDMÉNYEK, A MINTÁRA JELLEMZŐ ALAPTULAJDONSÁGOK

A beérkezett válaszok kiértékelése alapján a kitöltő személyére, valamint a szervezetre jellemző alaptulajdonságok a következő adatokkal szolgáltak:

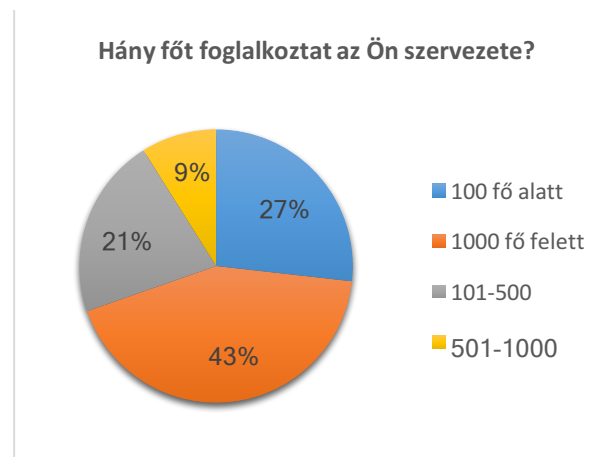
A kérdésekre válaszolók többsége férfi (61 %), ugyanakkor az életkor a 31-40 év közé esett. Elmondható, hogy a kitöltők iskolai végzettsége 2 esettől eltekintve mind felsőfokú volt, amelyben közel egyenlő arányban képviseltette magát az egyetemi (45 %), valamint a főiskolai képzés (46 %). A vizsgált személyek közül azonban 2 személy rendelkezett szakirányú továbbképzéssel is.

A kitöltők munkahelyére vonatkozó információkat vizsgálva elmondható, hogy a megkérdezettek több, mint egyharmada rövidebb ideje dolgozik adott vállalatnál 36 % (1-5 év), míg a válaszadók 37 %-a már hosszabb ideje az adott cégnél tevékenykedik (6-15 év). A kitöltők jelenlegi pozíciójában eltöltött idő jellemzően, 62 %-ban 1-5 év közé esik. A munkakörök diverzifikáltsága is látható az eredményekből, azaz nem jellemző egyetlen terület sem, csak a szakterületet képviselők dominanciája kiemelkedő 27 %-kal, illetve a vezetők összesített reprezentativitása 32 %.

1. ábra: A kitöltő beosztására vonatkozó információk





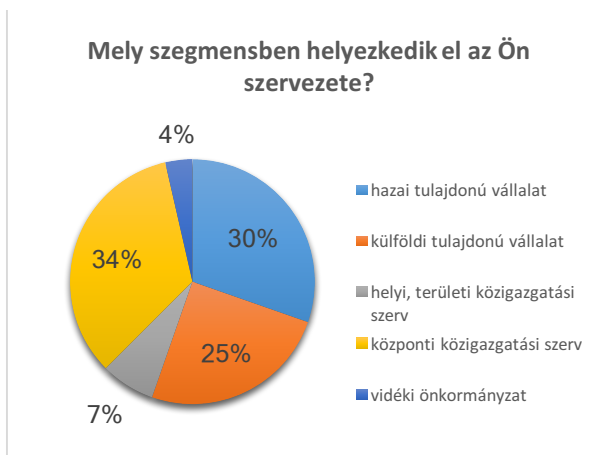


Két nagyon fontos információ is jól tükröződik a kapott eredményekből. A kitöltők közül 52 % rendelkezik projektvezetési tapasztalattal, de csak 12 %-nak van IT biztonsággal kapcsolatos képzettsége. A projektmenedzselési tapasztalat hozzájárul a kérdésekre adott válaszok pontosságának növeléséhez, ugyanakkor a nagyfokú IT biztonsági ismeret erősen torzítaná a mintát.

A fent részletezett adatokból levonható az a következtetés, hogy a kérdőívet kitöltő személyek megfelelő képzettséggel és ismeretekkel rendelkeznek (a szervezetre vonatkozólag) ahhoz, hogy a felmérést alkotó érdemi kérdésekre releváns választ tudjanak adni.

A kitöltők munkahelyére vonatkozó általános kérdésekből elvégezhető a szervezetek besorolása is. A szegmens szerinti csoportosítás lehetővé teszi a szektorok szerinti összehasonlítást: az 1. csoportot a vállalatok (55 %), a 2. csoportot pedig a közigazgatási szervezetek (45 %) alkották. A szervezetek létszáma jellemzően meghaladta az 1000 főt (43 %).

2. ábra: A szervezetek típus és létszám szerinti megoszlása



## 2.1 A változók exploratív elemzése

Tekintettel arra, hogy a kérdőívben feltett kérdéseknek mind időben, mind mennyiségben rendkívül behatároltnak kellett lennie (tehát semmilyen kitöltési hajlandóságot növelő tényező pl. jogszabályi kötelezettség alkalmazása kerülendő volt), ezért a kérdések a már korábban említett, nulladik időpontban felvett helyzetkép feltárására irányultak. A kapott eredmények értékét éppen ezért ezen szempont maximális teljesítése képviseli. Emeli a felmérés használati értékét, hogy a klaszterek alapján kialakult referenciaeredmények nagyban hozzá fognak járulni a jövőben megismételt felmérések összevetése által felállítható trendek beazonosításához, ezáltal életképes kormányzati és nagyvállalati cselekvési tervek elkészítéséhez.

Az öt kompetenciacsoport tekintetében érdemes megvizsgálni azt, hogy a beérkezett válaszok milyen eredményeket tükröznek akkor, ha a szervezetre jellemző vetítési módszert alkalmazunk. Mivel elegendő minta áll rendelkezésre ahhoz, hogy külön vizsgáljuk az állami és önkormányzati, valamint a vállalati eseteket, ezért az elemzés gerincét ez az összehasonlítás képezi.

A fent említett csoportosítással felmérhető a két szegmens pillanatnyi helyzete, valamint az egymáshoz való viszonya. Ez a felmérés jó alapot adhat arra, hogy a két szektor közötti különbségek a megfelelően megtervezett és kivitelezett akciótervek végrehajtásával elfogadható szintre csökkenhessenek.

### 2.1.1 Szervezeti érettség:

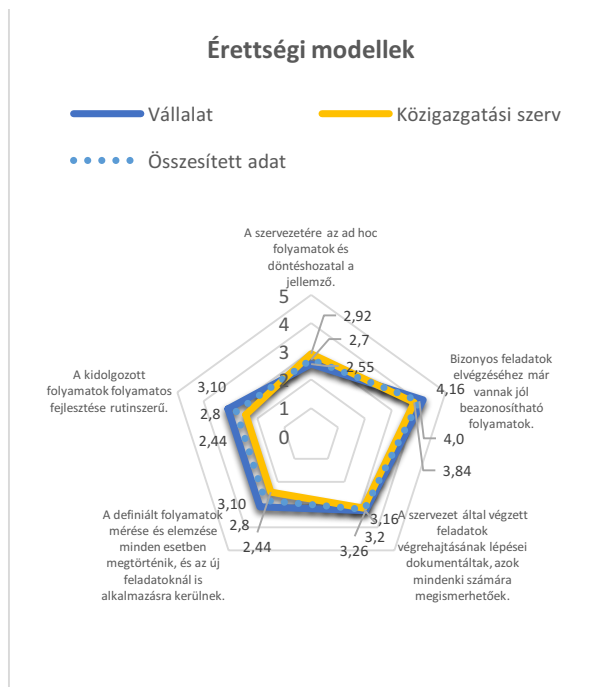
Az e csoportba tartozó kérdések a COBIT érettségi logika alapján lettek megfogalmazva, ezért ezek a kérdések nem kizárólag önmagukban bírnak jelentéssel, hanem az egymáshoz való viszonyuk tükrözi a sorrendiséget (irányítástól a folyamatfejlesztésig).

Habár logikusnak tűnne, hogy abban az esetben, amikor a válaszadó a döntések spontánizmusára magas pontszámot adott (azaz jellemzően az ad hoc döntések uralkodnak a szervezeténél), ugyanakkor a többi, magasabb érettségi szintet tükröző eset pontozása is arányos legyen. [1] A felmérésből azonban az látszik, hogy nem lehet ennyire elkülöníteni az egyes érettségi szinteket.

Ezekben az esetekben – nagy valószínűséggel – nem a válaszadó értékrendje a hibás, hanem pusztán arról van szó, hogy a valóságban nem lehet ennyire élesen elhatárolni minden egyes érettségi szintet (pl.: gyakran egyszerre jelen vannak a hektikus döntések és a jól definiált folyamatok is), ezért az azokra jellemző kompetenciák már a jellemzően

alacsonyabb érettségi szinttel rendelkező szervezetek esetében is megjelenhetnek.

3. ábra: A szervezetek érettségének helyzetképe



A felmérésnek ez a pontja rámutat arra, hogy a szervezetek általános fejlettségi szintje jellemzően a 2. és 3. érettségi szint között helyezkedik el (ezt támasztja alá az is, hogy ebben a két esetben a legkisebb a két kérdésre adott válaszok varianciája: 0,78, illetve 0,97).

A 3. ábrán az is látszik azonban, hogy az 1. érettségi szint (A szervezetére az ad hoc folyamatok és döntéshozatal jellemző) tekintetében a közigazgatási szervekre még mindig inkább jellemző a hektikus, ad hoc döntéshozatal (ne feledjük, hogy ebben az esetben a magasabb érték „rosszabb” eredményt takar).

A két szervezettípus között a 3. érettségi szintnél, azaz a folyamatok mérésénél kezd nyílani az olló (2,44 és 3,10). Ez arra mutat rá, hogy a közigazgatási folyamatok ugyan dokumentáltak, de a tényleges mérések és visszacsatolások nem történnek meg.

Jól tükröződik ez a folyamatfejlesztésben is, azaz az 5. érettségi szintnél, ahol az előző feltételezés megerősítést nyer azáltal, hogy amennyiben nem történik meg a mérés, úgy a folyamatfejlesztés elvégzésére sem kerülhet sor.

Általánosan elmondható, hogy a közigazgatási szervezetek érettsége elmarad a vállalatok érettségétől, amely a folyamatok mérésében, ellenőrzésében és folyamatos fejlesztésében tükröződik a legmarkánsabban.

### 2.1.2 Szervezetre jellemző logikai kontrollok:

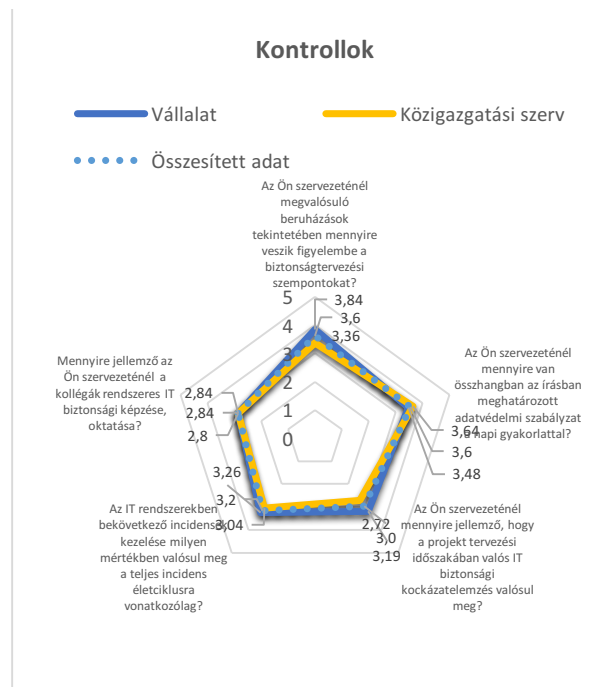
Ezen kompetenciacsoport kérdéseire kapott válaszokból kiderül, hogy nincs nagy eltérés a vállalatok és közigazgatási szereplők között.

Látható azonban, hogy a vállalatok nagyobb figyelmet fordítanak a biztonságtervezési szempontok figyelembe vételére, illetve a projektek tervezésénél jobban ügyelnek a kockázatok felmérésére. [2] [3]

Sajnálatos módon a felmérés rámutatott arra is, hogy a szervezetek elhanyagolják az IT biztonsággal kapcsolatos oktatást (átlagban 3-as alatti érték), amely jelentős hatással

lehet munkavállalók attitűdjére, ezáltal az adatvagyron biztonságára.

4. ábra: A szervezeti kontrollok helyzetképe



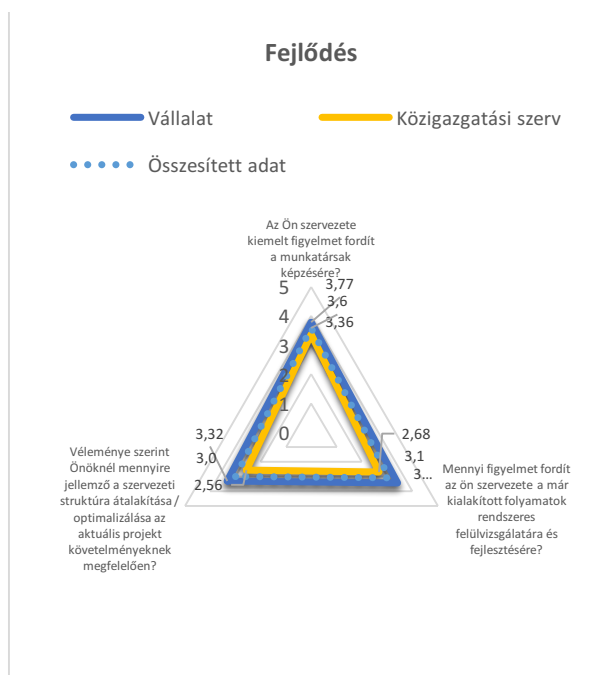
### 2.1.3 A szervezetek fejlődési igénye:

Három aspektus szerint történt a felmérés elvégzése: a vizsgálat kiterjedt az alkalmazottak fejlődési lehetőségére, a szervezeti folyamatok fejlesztésére, valamint magára a szervezeti struktúra rugalmasságára is.

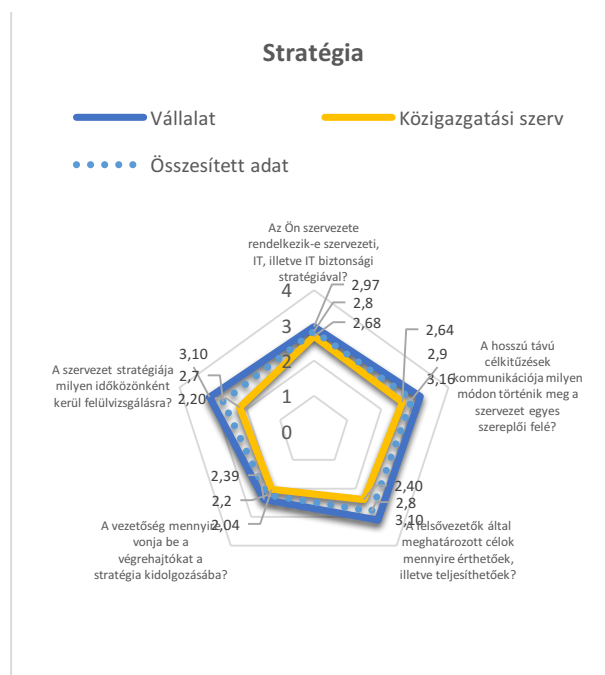
Látható, hogy a munkatársak képzésére fordított erőfeszítések mind a közigazgatásban, mind a szervezeteknél hasonló nagyságban vannak jelen (bár a közigazgatás nem éri el a vállalati szintet). [4]

A szervezeti átalakítás / rugalmasság mutató jól tükrözi a bürokratikus szervezetek által képviselt merevebb szemléletmódot (2,56, illetve 3,32 pont). Ugyancsak megmutatkozik a vállalatok előnye a folyamatszervezés / minőségmenedzsment területén (2,68, valamint 3,42), amelyet jól igazol az érettségi modell eredményei is.

5. ábra: A szervezetek fejlődési helyzetképe



6. ábra: A stratégia helyzetképe



#### 2.1.4 Stratégia:

Ennél a dimenzióal nem Likert-skálán történt a válaszok regisztrálása, hanem ordinális skálán, ezért itt az arányok megállapítására nincs lehetőség. Ezen kérdéscsoport esetében tapasztalható a legnagyobb eltérés a vállalatok és az állami szervezetek között.

A legjelentősebb eltérés a kialakított stratégiák felülvizsgálatának rendszerességében került regisztrálásra. Míg a közigazgatásban átlagosan 2-3 évente történik meg a korrekció (általában politikai ciklusokra visszavezethető okok miatt), addig a piaci szereplők már rendszeresen, azaz évente megteszik ezt. [5]

A kutatásból kiderült az is, hogy a stratégiaalkotás inkább a vezetőség feladata, azaz a top-down irányelv érvényesül. A közigazgatásban a célok teljesíthetőségével is komoly problémák vannak, valamint a célok kommunikációja sem valósul meg minden esetben.

#### 2.1.5 Projektek eredményessége:

Érdekes helyzetképet láthatunk, amennyiben megvizsgáljuk a projektek eredményeivel foglalkozó kérdéscsoportot. A sztereotípiák beigazolódni látszanak, hiszen a közigazgatásból kikerült válaszadók átlagban nagyobb százalékban értékelték úgy (igaz, hogy nem sokkal, csak 0,14 ponttal), hogy a projekt eredményterméke megfelel a projekt célkitűzéseinek.

A fenti megállapítást az támasztja alá, hogy az EU-s projektek esetében szigorú dokumentálási és előkalkulációs kötelezettség van (már magához a támogatás elnyeréséhez), amelytől való eltérés nem megengedett (vagy legalábbis rendkívül nagy adminisztratív terhet ró mind a megbízóra, mind a megbízottra).

Az olyan projektmenedzselési technikák tehát, mint az agilis fejlesztés vagy a scrum szemlélet a mai napig nem igen tudnak elterjedni az államigazgatásban.

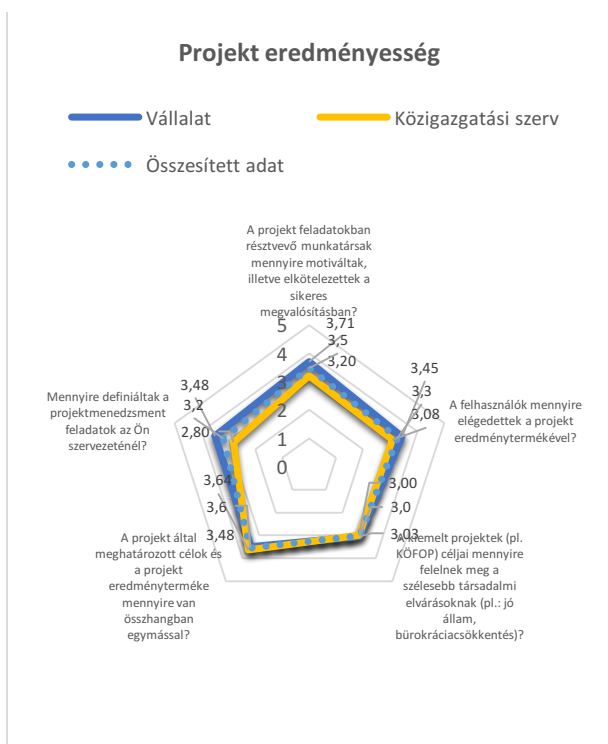
Jelentős elmaradásban van az államigazgatás a vállalatokkal szemben a projekt alapú szemlélet, a szervezeti forma, valamint a munkatársak motiváltsága terén. Be kell látni, hogy nem minden esetben optimális a projekteket operatív munkának tekinteni, és figyelni kell a munkatársak megfelelő motiválására is.

Noha összességében a projekt eredménytermékét firtató kérdésekre adott válaszok a 3-as érték körül szóródtak, ugyanakkor kihatnak a megvalósított végeredmény minőségére is.

A társadalmi eredmények tekintetében elmondható, hogy inkább megfelelnek az ilyen irányú igényeknek, habár mindkét esetben az eredmények a hármas átlag körül mozogtak. [5]

Összegezve: a közigazgatás egyedül ebben a csoportban tudta a vállalati eredmények fölé pozicionálni magát (tervcél), azonban a többi kompetencia tekintetében itt is alulmarad a vállalati eredmények mögött.

7. ábra: A projekt eredményesség helyzetképe



### 3 A PROJEKTSIKERESSÉGRE HATÓ TÉNYEZŐK Kvantitatív vizsgálata

A vizsgálat azt kívánta bebizonyítani, hogy a négy kompetenciacsoport változói fejtenek-e ki valamilyen hatást a projektsikerességre, illetve melyek azok a változók, amelyek szignifikánsan jelen vannak.

Mivel a projektsikerességre 5 db kérdés vonatkozott, ezáltal 5 db változó került regisztrálásra. A többváltozós regressziós analízis elvégzését azonban rendkívül nehézkesé tette volna, ha ezek a változók külön-külön kerültek volna be az elemzésbe, illetve a modell sem tükrözte volna azt a gondolati szálát, hogy egy változóval tudja jellemezni ezt a kompetenciahalmazt.

Ennek az elvárásnak a teljesítéséhez szükség volt egy olyan, a „projekt csoportra” jellemző – lehetőleg – egyetlen változó előállítására, amely tartalmazza (valamilyen szinten) az öt különálló, de egy csoportba tartozó változók tulajdonságait.

A fenti elvárás teljesíthető az ún. dimenziócsökkentéssel, azaz egy főkomponens előállításával. A főkomponens előállításához teljesül az  $n > 5p$  szabály, a Bartlett-teszt szignifikáns értéket ad, a KMO értéke 0,788, ami elég jó megfelelőségre utal. A kommunalitás 0,5 feletti értékei azt mutatják, hogy a végső modellben felhasznált változók magyarázó ereje még megfelelő.

A végső modellben a főkomponens (azaz az előállított egyetlen változó) a többi változó szórásnégyzetének az 57 %-át magyarázza, amely a modell érvényességét igazolja, habár ez az érték inkább gyengének mondható.

Az így előállított egyetlen, a projektsikerességet jellemző változó segítségével elvégzett regressziós analízis sikerült beazonosítani a magyarázott változóra leginkább ható magyarázó változókat. A többváltozós regressziós analízis elvégzésére minden esetben kompetencia csoportonként került sor, a nem szignifikáns változók kizárásával. Az elemzések a következő regressziós

egyenleteket adták (Backward módszerrel, amelynek előnye, hogy egyszer minden változó bevonásra kerül):

Érettség:

- Regressziós egyenlet:  $-1,851 + 0,263 * dokumentáltság + 0,358 * fejlesztés$
- A magyarázó változó és a magyarázott változó közötti kapcsolatot a Coefficients tábla, zero-order korrelációi tartalmazzák, amely közepesnél kicsit rosszabb (0,394 és 0,492) eredményt mutat.
- A modell magyarázó ereje még megfelelő:  $R^2 = 0,302$ .
- Látható, hogy ebben az esetben a 3. és 5. érettségi szintek (folyamatok dokumentáltsága és a fejlesztés rutinszerűsége) szignifikánsan hatnak a projekt-sikerességre, míg az 1., 2. és 4. érettségi szint esetében nem mutatott szignifikáns kapcsolatot a regressziós modell. Ezek szerint fontosabb, hogy a folyamatok beazonosításra kerüljenek, valamint megtörténjen a folyamatos felülvizsgálatuk is, mint a döntések minősége, illetve a folyamatok mérése.

Kontroll:

- Regressziós egyenlet:  $-2,612 + 0,196 * biztonságtervezés + 0,215 * napi gyakorlat + 0,360 * incidenskezelés$
- A zero-order korrelációk közepes (0,502, 0,458 és 0,587) kapcsolatra utalnak a magyarázó változóval.
- A modell magyarázó ereje közepes:  $R^2 = 0,471$ .
- Ugyancsak kimutatható szignifikáns hatás 3 változó tekintetében. Látható, hogy a biztonsági szempontok figyelembe vétele, az írásban meghatározott szabályok betartása, valamint a megfelelően kialakított incidenskezelési gyakorlat hatással van a projektek sikerességére. Ugyanakkor a két változó kizárása (IT biztonsági képzés, valamint a kockázatelemzés) aggodalomra ad okot. A kitöltők válaszaiból ezek szerint nem mutatható ki szignifikáns összefüggés a kockázatok kezelése, valamint a tudatosítási tevékenység projektsikerességre tett hatása között.

Fejlődés:

- Regressziós egyenlet:  $-2,002 + 0,245 * munkatársak képzése + 0,376 * struktúra átalakítás$
- A zero-order adatok itt is közepes (0,498 és 0,579) korrelációt jeleznek a projektsikeresség változóval kapcsolatban.
- A modell magyarázó ereje még megfelelő:  $R^2 = 0,390$ .
- Egyetlen változó kizárása történt meg: a szervezeti folyamatok rendszeres felülvizsgálata. A munkatársak képzése és a projekthez igazított struktúraátalakítás szignifikánsan hat a projektsikerességre. Ez azt mutatja, hogy azok a közigazgatási szervezetek, amelyek rendszeresen foglalkoznak a projektekkal érdemes elgondolkozniuk a rugalmasabb, a projektmenedzsmentet elősegítő struktúra kialakításán, valamint nem szabad elhanyagolniuk a munkatársak kompetencianövelő képzését sem.

Stratégia:

- Regressziós egyenlet:  $-1,645 + 0,221 * \text{stratégia mélysége} + 0,378 * \text{stratégia frissítési gyakorisága}$
- A zero-order adatai alapján a stratégia mélysége gyenge (0,358), míg a frissítés közepes (0,471) kapcsolatban áll a magyarázott változóval.
- A modell magyarázó ereje még éppen elfogadható:  $R^2 = 0,283$ .
- Szignifikáns hatás csak két változó esetében volt kimutatható. Ezek szerint a projektsikerességre hat a stratégia mélysége (szervezeti, IT, IT biztonsági), illetve ezen stratégiák aktualizálásának rendszeressége. Ebből következik, hogy azon szervezetek, amelyek nem foglalkoznak kellőképpen a stratégiai tervezéssel, illetve azok rendszeres felülvizsgálatával hátrányba kerülnek a megfelelő mélységű és minőségű stratégiával rendelkező szervezetekkel szemben.

#### 4 JAVASLATOK ÉS ZÁRSZÓ

A kompetenciacsoporthoz tartozó változók összesítése fontos lépés volt ahhoz, hogy megismerjük a közigazgatás és a vállalatok jelenlegi helyzetét. A kutatásba bevont további tényezők pedig fontos összehasonlítási alapot teremtettek, amely által kontextusba lehet helyezni az állami és önkormányzati szervezetek képességeit az öt dimenzióknak megfelelően.

Az összehasonlító vizsgálat kimutatta, hogy a kormányzati szervezetek helyzete a piaci szereplők mögött van. A vállalatok szervezeti érettsége – különösen a 3. és 4. szinten – már számottevő, amely megmutatkozik a mindennapi feladatok hatékony elvégzésén és az elvégzett feladatok minőségén.

A szervezeti kontrollok tekintetében nem ennyire látványos a közzféra elmaradása, azonban a projektek tervezési időszakában már meg kellene valósulnia a valós kockázatkezelésnek (amihez elengedhetetlen a kockázatok feltárása), illetve a biztonsági szempontokat már a projektek ebben a fázisában is el kellene végezni.

A szervezetek fejlődési potenciálját felmérő kérdések ugyancsak azt mutatták, hogy a piaci szereplők (a kiélezett versenyhelyzet miatt) minden eszközt megragadnak, hogy mind a folyamataikat, mind a szervezetüket fejlesszék, amivel piaci előnyre tudnak szert tenni. A közigazgatás speciális – konkurencia nélküli – helyzete azonban nem kényszeríti ki minden esetben az ilyen típusú kompetenciák fejlesztését. Nem volt ilyen markáns különbség a munkatársak képzése terén, de azért itt is megmutatkozik a közigazgatás elmaradása.

A stratégia, illetve a stratégiai gondolkodás területén ismét látványosan megmutatkozik a különbség a két szféra között (ismét a vállalatok előnyére). Habár a közigazgatásban is több helyen megalkotásra kerül a szervezet stratégiája, azonban annak interpretálása, realitása, valamint folyamatos kiigazítása korántsem valósul meg az elvárható mértékben, a választási ciklusokban történő gondolkodás miatt.

A közigazgatási projektek magas színvonalú lebonyolítása (a teljes projekt életciklust illetően) is még a piaci szereplők színvonala mögött van, habár a projektcélok megvalósítása és a tervezés között (köszönhetően a

korábban részletezett bürokratikus elemeknek) az államigazgatási szervek esetében magasabb átlag került regisztrálásra. A projektmenedzsment feladatok definiálása mutatja, hogy a merev, nem alkalmazkodó környezetben nehezebb kialakítani a projekt elvégzéséhez szükséges feladatköröket (felelősség, hatáskör problémák). Örvenedetes, hogy a társadalmi hatás mindkét szervezeti formában hasonlóan alakul, azaz fontos, hogy a projektek szélesebb körben is eredményesek és hasznosak legyenek.

A magyarázó változók és a magyarázott változó regressziós vizsgálatával sikerült bebizonyítani, hogy mindegyik kompetenciacsoporthoz tartozóknak olyan változók, amelyek befolyásolják a projektsikerességet. A továbbiakban a változók finomításával pontosabb modell megalkotására nyílik lehetőség.

Már most kijelenthető azonban, hogy a megfelelő minőségű stratégia, a munkatársak képzése, a szervezeti rugalmasság, a biztonsági tervezés, a bekövetkezett incidensek kezelése, a szabályok betartása, a folyamatok dokumentáltsága, valamint a folyamatos fejlesztés mind befolyásolja a projekt végkimenetelét.

Ezzel befejeződött tehát a hipotézisek vizsgálata. Ennek értelmében bizonyításra került a vállalatok magasabb érettségi színvonala, valamint kimutatásra került a magasabb vállalati fejlődési potenciál. A stratégia, az érettség, a kontrollok és a fejlesztések pedig kimutatható hatással voltak a projektsikerességre, amelynek alátámasztását az ellenőrzött regressziós egyenletek is megerősítik.

A válaszok kiértékelése után előállt eredmény megmutatta az aktuális közigazgatási helyzetképet. Éppen ezért elengedhetetlenül fontos a felmérés rendszeres megismétlése, a beérkező adatsorok kiértékelése, illetve az idősoros elemzés elvégzése. Ezek alapján lehet mérni az államigazgatási szektor elmozdulását, az esetleges negatív tendenciák megjelenését.

A felmérések alapján finomra hangolt cselekvési tervek pedig lehetővé teszik a gyors beavatkozást annak érdekében, hogy az Európai Unió projektek maximalizálni tudják az eredményeiket, ugyanakkor minimalizálják a felesleges erőforrások lekötését.

A kutatási eredményeket, valamint az empirikus tapasztalatokat figyelembe véve az alábbi javaslatok megfontolása erősen emelheti a közigazgatási projektek végrehajtásának sikerességét:

- a vizsgálat alapján a piaci szereplőkről elmondható, hogy mind szervezeti, mind a projektek menedzselése terén magasabb szinten állnak ezért megfontolandó eme szereplők bevonása a szervezet folyamatainak felmérésébe, optimalizálásába és fejlesztésébe, ezáltal létrejöhet olyan tudástranszfer (tacit és explicit formában is), amely komoly lendületet adhat a közigazgatási szféra számára,
- már a projektek tervezésénél meg kell, hogy valósuljon a biztonságtervezés, azaz nem elég utólag hozzáilleszteni a több milliárdos projektekhez a megfelelő kontrollokat, mert ebben az esetben a szabályozás és a regulációk alkalmazása között egyre nagyobb rés fog keletkezni,
- fontos, hogy az információvédelem valós incidenskezelési eljárásokon alapuljon, ahol a teljes incidens életciklus lekövetésre kerül, ez a szemléletmód átvitt értelemben segít a projektek

menedzselésében is, hiszen az utókövetési fázis pont ezen metodikán alapul,

- a munkatársak képzésében nem alkalmazható a fluktuációs félelem miatt kialakult gyakorlat (mí szerint nem kell képezni a kollégákat, hiszen úgyis el fognak menni), hanem meg kell valósulnia a kompetencianövelő és mélyítő szemléletmódnak, ezáltal biztosítható a szervezet folyamatos fejlődése,
- a projektek menedzseléséhez – különösen a nagy bonyolultsággal rendelkező, több 10 milliárd Forint értékű EU-s projektek esetében – elengedhetetlen a megfelelően kialakított projektstruktúra megléte, ennek érdekében ezen szervezetnek elő kell segítenie az optimális hatáskör-felelősségkör kialakítását,
- a jól kommunikált, megfelelően karbantartott és elérhető célokat kitűző stratégia nemcsak szervezeti szinten, hanem az egyes szakterületek szintjén is elengedhetetlen, így ezek megalkotása különösen javasolt annak érdekében, hogy az érintettek (vezetők, beosztottak) tisztában legyenek ezekkel a célokkal,
- a mai turbulens, erősen változó (különösen az informatika területén) környezetben a már említett szervezeti rugalmasságon túl támogatandó az olyan új szemléletmódok implementálása, amelyekkel a szervezet könnyebben tud válaszolni ezekre a kihívásokra, mint pl. a SCRUM és az agilis fejlesztési metodikák,
- a kapott eredmények segítségével elvégezhető egy célzott, kompetencianövelő cselekvési terv összeállítása,
- javasolt továbbá a felmérés rendszeres, legalább évenkénti elvégzése annak érdekében, hogy az eredmények összevetésével a trendek, ciklusok meghatározhatók legyenek.

#### IRODALOMJEGYZÉK

- [1] ISACA: COBIT 4.1; ISACA, Rolling Meadows, 2007.,
- [2] 2013. évi L. törvény az állami és önkormányzati szervek elektronikus információbiztonságáról,
- [3] 41/2015. (VII. 15.) BM rendelet az állami és önkormányzati szervek elektronikus információbiztonságáról szóló 2013. évi L. törvényben meghatározott technológiai biztonsági, valamint a biztonságos információs eszközökre, termékekre, továbbá a biztonsági osztályba és biztonsági szintbe sorolásra vonatkozó követelményekről,
- [4] Liz Gallacher, Helen Morris: ITIL Foundation Exam Study Guide; John Wiley & sons, London, 2012.,
- [5] Kápolnai András: E-business stratégia vállalati felsővezetőknek; Aula, Budapest, 2002.,
- [6] Dr. Szabó Lajos: Projekt menedzsment; Pearson Education, Harlow, 2012.,

# The protection of pension payment systems, as critical infrastructure

Zsolt Szabó

Doctoral School on Safety and Security Sciences, Óbuda University, Budapest, Hungary  
zsolt@tamiyaryu.hu

**Abstract** — Nowadays information is one of the most valuable assets in the economy and society. Information is a resource for organizations, the basis for efficient operation, and an asset of the organization, therefore, it is extremely important to protect data. There are processes that can cause a critical situation in the organization in the case of a problem, if they are not controlled properly and if we do not take the proper precautions to avert disaster. The operation of the state pension payment system and the data it manages are governed by law, therefore their protection is of paramount importance. The study consists of three parts. The first part summarizes the information security threats threatening pension payment systems and presents the possible ways to counter these threats. The second part examines the planning of business continuity, with special attention to risk management and business continuity management. The third part provides a possible guideline for pension payment systems to help them comply with the new European General Data Protection Regulation.

**Keywords:** Pension payment systems, planning of business continuity, GDPR

## 1 INTRODUCTION

The protection of critical infrastructure is a challenge of the present time, which receives more and more attention worldwide as global terrorism spreads. Critical infrastructure is infrastructure on which a society, an economy relies on to be able to function. Protecting critical infrastructure is especially important nowadays, in the time of 4GW or asymmetric warfare, when almost any group can enforce its demands using cyberwarfare even against much larger enemies, typically nation states. The main target of attacks is critical infrastructure (CI), especially critical information infrastructure (CII). A state uses critical infrastructure to store the data of its citizens, to operate its public administration (not only e-public administration) and to provide services to its citizens (not only e-governance). Therefore, it is the state's responsibility to protect this infrastructure, especially because the state relies on this infrastructure, too. If any element of critical infrastructure breaks down, it can push the nation state into chaos and anarchy. Therefore, the state has to concentrate on executing the tasks accurately and continuously maintaining protection.

## 2 INFORMATION SECURITY TRENDS THREATENING PENSION PAYMENT SYSTEMS

Nowadays the state, all its organizations and citizens are vulnerable to the extremely complex electronic information systems in the cyberspace of Hungary, without which the state cannot operate and the various services cannot be

provided. Society is not prepared to operate without the lost infrastructure, tools or services, therefore these have to be protected, especially because the information and data generated during their operation represent considerable value. The target of attacks is primarily the data, which is surrounded by various system elements and processed by processes [1]. Cyber threats threaten data and the processes handling these data through a definite chain of system elements. There are usually three kinds of malware: scareware; programs that steal money or data that can be sold; and government level spyware, cyberwarfare [2].

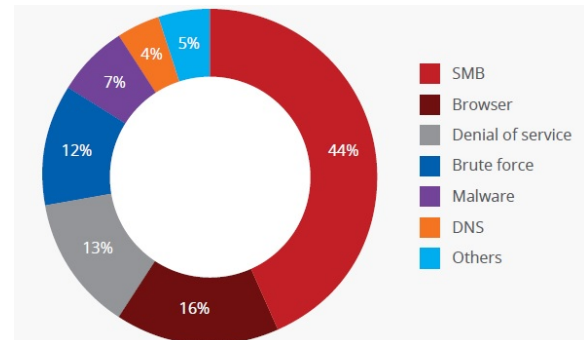


Figure 1: Top network attacks in Q3 [3]

Based on Fig. 1 intentional damage is more and more common, and at the same time, the attacks are more and more daring and complex [4]. The threat is increasing and cyberterrorism is a danger to our vulnerable information systems, such as the pension payment system [5].

In Hungary, pension payment tasks are carried out by the Pension Payment Directorate. Pension payment belongs in the group of financial services. Fig. 2 shows that critical payment processes belong to communication between banks: national (VIBER) and international (GIRO, SWIFT) payment systems. One of the vulnerabilities of these systems has recently been highlighted by the Shadow Brokers hacker group: the attackers used zero-day vulnerabilities stolen from National Security Agency (NSA) of the USA, and published by the Shadow Brokers. These vulnerabilities were spread by old, not supported operating systems (Windows XP and Windows Server 2003). The reports of the network of the EastNets Service Bureau (ENSB), allegedly threatened by the hackers, are incorrect and unfounded. The internal security unit of EastNets Network performed a comprehensive security check on its servers and found no vulnerability or data compromised by hackers.

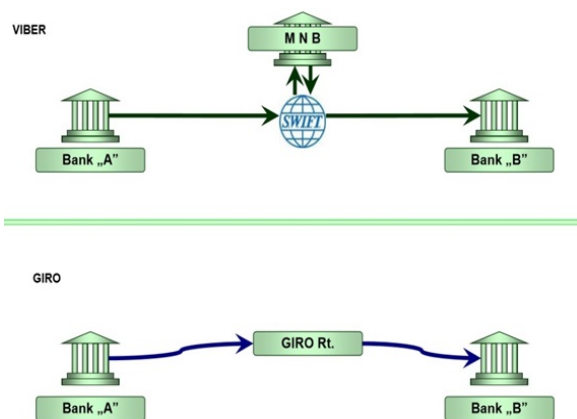


Figure 2: National/Foreign payment system [otpbank.hu]

Based on the international example mentioned earlier, the elimination of any of the electronic information systems or services can affect a large part of society. Furthermore, the confidentiality, integrity and availability of the data handled by these electronic information systems is of paramount importance. Its legal and institutional background is provided by Act L. of 2013 on the electronic information security of state and local government organizations (Ibtv.) and the related regulations [6] [7].

ESET Trends 2017 [8] Security held ransom predicts: 2017 will be the year of Ransomware of Things (RoT)! ESET Research Laboratories has collected data from all over the world and the data suggest that 2017 will be even more the “year of ransomware”. The report says that a new trend is emerging, Ransomware of Things (RoT), which means attackers break into our devices, block our data, then demand a ransom to unblock access to the data. This is a new form of crime: through IoT (Internet of Things) the hackers can block any of the connected devices. This can even be a car, when the hackers can “lock” the car if it is connected to an application on the mobile phone of the user, because they can access the telephone and through the telephone, they can block the starting of the car. Then they can demand ransom in a text message. Further threats are forecasted and strengthening the protection of our information systems is more and more important. In the case of electronic information systems, the immediate detection of security events (Fig 1) is especially important. These are unwanted or unexpected events or series of events which cause a change in the electronic information system as a result of which the confidentiality, integrity, credibility, functionality or availability of the data is damaged or lost. If the security event occurs, it is very important to handle it. This means documenting the event, repairing the damage, finding the people responsible and preventing the future occurrence of the event.

The report titled “Cybersecurity Trends 2018: The Cost of our Connected World” compiled by ESET security experts, presents topics that will be of interest to everyone following an increase in, and sophistication of, cybersecurity incidents in 2017 [9]. The report focuses on ransomware, attacks on critical infrastructure, malware and combating criminal activity, as well as the cyber threats posed to electoral campaigns and data privacy. The General Data Protection Regulation comes into force in May 2018, replacing the Data Protection Directive and increasing the legislative concern surrounding data privacy. In the report focuses on user-awareness of data collection, the risks

faced by data collected through the Internet of Things (IoT), and the significant fines for companies that fail to protect personal data. Technological innovations and their use in 2017 have produced remarkable possibilities in the digital world, while also exposing users to new kinds of threats. This year we have seen cybercriminals focus their attacks on sensitive and private information. 2018 is the year users need to increase their awareness of cyber threats and manage their digital world more responsibly. Cybersecurity will be of great importance for not only enterprises but for private people as well. In addition to the protection of traditional computer devices – computers, tablets, smart phones – more and more attention will have to be paid to the protection of various IoT devices, since hackers try attacking new technologies more and more often.

### 3 THE SECURITY ISSUES OF ELECTRONIC ADMINISTRATION

The Electronic Administration System (Document Gate) of the Central Administration of National Pension Insurance (ONYF) makes it possible for users to manage their problems on the Internet. Users that have access to the Government Portal Customer Portal can fill in and submit electronic forms. With the provision of this service, ONYF wishes to comply with the general rules relating to administrative procedures and services satisfy the needs of customers. The Document Gate has the following three main functions:

- 1.) Handling electronic signatures: The Document Gate comprehensively handles electronic signatures as required by law, their creation, verification, and the handling of time stamps or the equivalent time marks.
- 2.) Secure document transfer: the Document Gate system provides a single-gate transfer channel between the customer and the systems of ONYF to send and receive documents, as the law allows it.
- 3.) Customer identification: The Document Gate system is able to identify the customer based on the customer database of ONYF, through the identification service of the customer portal.

The Document Gate system ensures that the communication between the customers and customer service reflects the structure of the organization of ONYF, which can be divided into two main levels shown in Fig. 4:

Level A: central organizational unit (ONYF), and under this

Level B: the pension payment directorate (NYUFIG) and regional organizations (NVI).

The hierarchy of the communication between the organizational units of ONYF: the documents arriving from the customers – Web forms, attachments – are received by the single-gate Document Gate system. The Document Gate system generates the arrival number and pre-sorts the documents (based on address and the type of the filled form). The pre-sorted documents are transferred to the individual organizational units. Customer service assistants do not get emails from customers. ONYF’s replies from the individual organizational units are collected by the Document Gate system and sent to the customers.



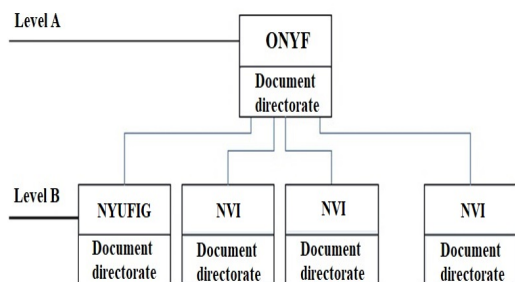


Figure 4: The hierarchy of the communication between the organizational units of ONYF [onyf.hu and own figure]

The most obvious security issues of the Document Gate system are the websites, since these are the most visible; they suffer the most attacks. After a successful attack, all traffic passing through the portal can be monitored, and the compromised system can be a stepping-stone to internal, protected systems [10]. This is why the vulnerability check of web servers and web applications is very important, with the recommendations of OWASP TOP10 taken into account, that is, the 10 most critical defects in web applications. Below are a few basic security requirements with which risk can be decreased: Web servers should be hosted in our own DMZ or a webhosting provider. The web server should be a dedicated host; it should not run other services or virtual servers. The proper operating system should be chosen and it should have reinforced and updated security. The software on the server should be updated regularly. Strong authentication should be used wherever possible. All unnecessary writing, reading and execution rights should be blocked. The portal should be on a separate partition. All other services should be blocked on the server. All documentation showing the operation of the portal engine should be removed. All default or test files should be deleted. The server process should have limited rights. Do not allow file uploads through the portal. Be careful about temporary files that are generated during running. Pay extra attention to making sure that classified documents are not available on the portal. All activities should be monitored and logged.

#### 4 COMPLIANCE WITH THE NEW EUROPEAN GENERAL DATA PROTECTION REGULATION

On 4 May 2016, the final text of Regulation 2016/679 of the European Parliament and Council (hereinafter called the General Data Protection Regulation) was published in the official journal of the European Union [11]. This was the last step of the data protection regulation reform of the EU. Although the Regulation enters into force 20 days after publication, that is, on 25 May 2016, it only has to be applied from 25 May 2018. Data handlers, data processors and national codifiers therefore got a preparation time of two years to comply with the regulations and requirements of the new European data protection regulation, of which less than only 8 months have remained now. The General Data Protection Regulation replaces the current 95/46/EK Data Protection Directive and brings significant changes in this legal area. One of the most important changes is in the form of regulation: the moderate approach, which meant the member states were allowed to determine their data protection requirements based on the guidelines of a directive, is replaced by new Regulation, which will be directly in force and applicable in all the member states. This will result in uniform data protection regulation all

over the EU, and more predictability for companies managing data in several states – although some national specialties can remain. The new Regulation further extends the rights of the stakeholders and the authority of the national data protection authorities, increases the responsibility of data handlers and its authority can at times extend beyond the borders of the EU.

The current study examines the issue of “Reporting a data protection incident”. The Privacy Act currently states an obligation to record the incident in order to check the measures related to the data protection incident and to inform the affected party. The record contains the affected personal data, the people affected by the incident, the time, circumstances and effects of the incident, and the measures taken to eliminate it, and other data as required by law. At the request of the affected party, the data handler informs them about it. According to the new regulation, if personal data is handled or processed unlawfully, it has to be reported to the supervisory authority. The data handler reports the data protection incident to the supervisory authority without undue delay, if possible, within 72 hours after they learnt about the incident, except if the incident probably does not pose a risk to natural persons’ rights and freedoms [11]. The obligation to report data security incidents is justified and does not put disproportionate load on data handlers.

There are more and more IT security incidents in the news, in which the information security of an organization is compromised, data is stolen or systems are crippled by attackers. The IT security of these systems were not good, there were vulnerabilities that the attackers were able to exploit. The question arises:

- What is good IT security?
- Could the affected companies have prevented these attacks if they had paid more attention to and spent more money on data security?

The point of IT security is to prevent these kinds of attacks. Since companies have to prepare for a possible incident, many company leaders consider the cost unnecessary and only install minimal security required by regulations and the law. In addition to high cost, it also makes creating a secure system difficult that often the primary objectives are the functionality and usability of the system, while security is a secondary goal. The primary goal is always to ensure the market success of the company and the task of the IT infrastructure is to support this as much as possible. However, if due to inadequate IT security, confidential information – such as customer data, business secrets, strategic plans – becomes public, it can not only endanger success but can lead to the fall of the company. This is why it is important that companies have a risk management plan, in which with the help of risk assessment they can assess the probability of occurrence of a threat and the resulting damage. Using this information the management can decide whether it accepts the risk or reduces or eliminates it.

There is no complete security. Day by day vulnerabilities are discovered. (Hardware and software problems and problems resulting from the improper configuration of the devices of the IT system are collectively called vulnerabilities.) Microsoft shows a good example of handling these – they publish updates for their products on the first Tuesday of every month. If these are not installed, our system will contain known vulnerabilities.

Vulnerability scanning software helps find vulnerabilities and assess the risk they pose.

The key to defence is Time to Detection (TTD) – this is the most important conclusion of the Cisco Midyear Cybersecurity report [12]. Cisco has been tracking our median TTD since November 2015. Since that time, the overall trend has been downward from just over 39 hours at the start of our research to about 3.5 hours for the period from November 2016 to May 2017 (see Fig. 5).

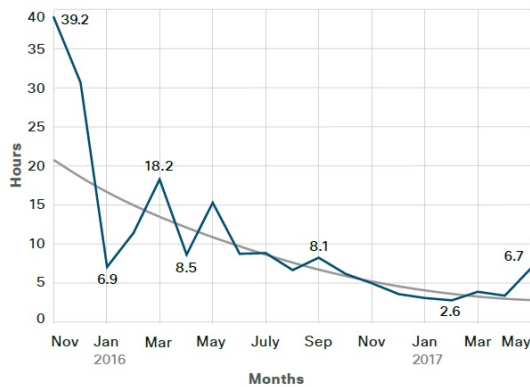


Figure 5: Median TTD by month [cisco.com/go/mcr2017graphics]

Defence requires integrated solutions, such as SOC – Security Operations Center (Fig. 6) and SIEM - Security Information and Event Management (Fig. 7), which are far more effective than endpoint security.

It is also more and more important that companies (users) cooperate with reliable manufacturers. Such manufacturers can help with expertise, guidance, and if necessary, they can assess the risk of organizations, too.

Risk monitoring has many solutions and techniques. For example, these techniques can filter events and call attention to only the few events which are likely incidents. And they do not only reduce the number of events worth looking at but also rank them according to risk so that human resources can be better allocated. The investigation of incidents ideally has to happen in real time or with little delay. General information collection can effectively help the detection of differences from normal operation. The above can be performed with a SIEM system, for example, which logs and analyses the reports, alerts and warnings generated by software and hardware tools and devices. The abbreviations SIM and SEM also appear in the literature, and they are often mixed up with SIEM, because they are used for similar purposes.

The purpose of SIEM and similar systems is to store and analyze events centrally, thus ensuring that security events are detected. Other technical tools can support human resources but they have to be based on strong control and regulated processes. It should be regulated that if an event occurs, what should be done and who should do it.



Figure 6: Components of SOC [nuspire.com/technologies/soc/]

Therefore, the incident management process has to show what has to be done in an event-controlled environment. And when this alert is activated, a response has to start. Obviously, it should be in harmony with many other processes, such as the business continuity plan or the disaster recovery plan. The harmonious cooperation of these and other processes can effectively support incident management with the help of processes and technical devices.



Figure 7: Typical features of SIEM [mita.gov.mt]

Information security incident: an information security event or series of events which adversely affects information security controls (defence measures), and/or involves the circumvention of information security rules and settings, and/or affects availability or business continuity to such an extent that it is considered a crisis.

Any unexpected event affecting the critical key processes of the Organization can be called a crisis if

- one or more resources used by one or more critical key processes (human, facility, IT etc.) are not available, and
- as a result of unavailable resources, the basic tasks of the Organization or organizations using the IT services of the Organization are threatened or cannot be done and
- the unavailable resources and services cannot be recovered in the maximal tolerable downtime with the available resources and tools in normal operation and
- if recovery was performed with the resources and tools in normal operation, during the period of

recovery the Organization would suffer intolerable material, moral or legal damage.

Information security events become information security incidents after they are qualified as such, as the criteria of incidents have to be examined, and the level of tolerance can be different in different information systems.

### 5 STEPS OF MODELLING AN INTELLIGENT IT SECURITY SYSTEM

The modeling process described above is applied to the to designing and building intelligent IT systems, which provide, without embodying actual (human) intelligence, various information security services and solutions. Information is important for all economic entities, be it a state or private organization.

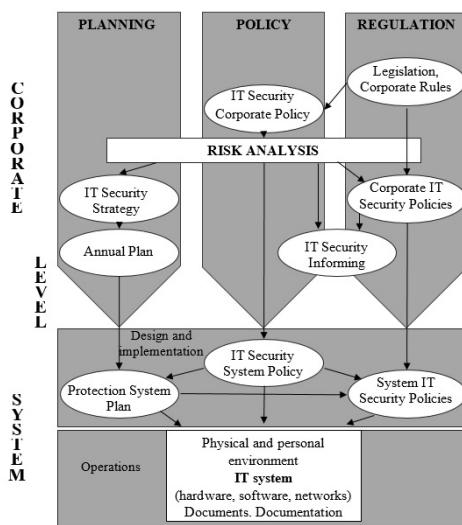


Figure 8: The process of implementation of IT protection [own figure]

Without information there is, no progression, no chance for planning- lack of it results in fallback, regression [13]. Information a resource for organizations, the basis of efficient operation, an asset of the organization and often a product, which is why it is necessary to ensure that it is preserved and protected. IT security means maintaining IT components of organisational activities in a satisfactory condition in order to achieve goals [14]. Security is one of the essential elements of organisational operation, in the case of a state-run pension paying agency it is of the same priority as the organizational conditions [15]. Attacks are primarily aimed at obtaining the data surrounded by various system components, managed constantly [16]. The possible threats endanger data through the determined chain of system elements, processes managing data and databases [17]. The implementation of protection does not only mean the implementation of a set of tools, rather a process that spans from planning to implementation, covering the physical (operation), logical (password generating methods, cryptographic processes, incompatibility matrix), administrative (regulatory background) and human resources protection systems of the relevant organization [18].

All organizations set up goals defined in organizational strategy. IT strategy aims at surveying of IT applications essential for reaching the organization's goals. The IT strategy of an organization is always part of the organizational strategy. The steps of shaping the

limitational, strategy developmental, planning-realizational and controlling-implementary capabilities of IT security should be planned and executed in accordance to the IT planning cycle. The two projects can run in parallel. Their common elements can be handled together, their partial results can be used and they can reach the goals in conjunction the organization is aiming at. Security strategy is a very important component of organizational strategy as well. The term „security” means a condition in which the operations of the organization can be done without confusion. A system responsible for the operations of an organization should cover all operations touched by the organizational strategy (see Fig. 8). Organizational and IT strategy insures exhaustiveness and integrated level of security together, hence IT security is essential part of the IT system and security system on organizational level. An IT security system needs solutions that meet security requirements with as small as possible tolerable risks having been taken into account. Setting up the planning and the administrative defense concepts of IT security system (i.e. the physical, logical and human defense system) should be a part of every IT project [19].

The organization of the security is a complex concept, the individual component areas are closely related and depend on one another. Development of an IT security concept of a state-run pension paying agency is essential, since it belongs to the scope of critical infrastructure. The establishment of IT security for state agencies is guaranteed by the conditions of meeting the IT security and protection provisions contained in Act L of 2013 (Ibtv.) [7], the implementation of a complex, efficient security system compliant with the expectations of the law, which can be maintained at a low cost in the medium and long term. State IT systems must comply with Act L of 2013 and Lrtv. efforts must be made to accomplish the necessary and sufficient level of security, while ensuring the continuous regular operation of the given security system. It is a justified expectation from agencies maintained by the central budget that they implement, sustain and operate their IT security systems in a cost-effective way and at the highest level of protection that is available in our time. The security system should be built up from individual and group – block – module elements, which rely on one another, then the individual groups should be observed, operated in a cost-efficient way and logged from one point. The individual tasks consists of modules that constitute parts of the large units. Security tasks can be divided up into three large groups (see Fig. 9):

1. Infrastructure security framework: its function is to create a common security environment for all systems.
2. Application security elements: they provide protective elements for the individual application development projects.
3. Management and monitoring system: a sub-system serving the operation and control of the previous two groups.

The simultaneous operation of the first two systems ensure compliance with the security laws, decrees and regulations, i.e. in themselves they are not sufficient for meeting the conditions.

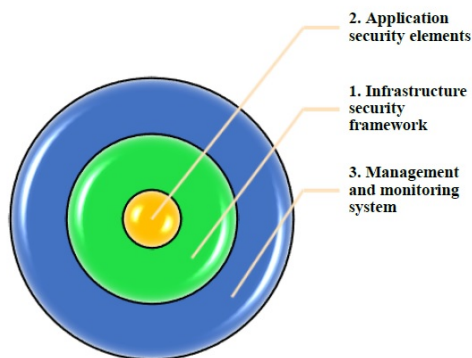


Figure 9: Security system groups [own figure]

The third system enables proper operation. The implementation of the system should be scheduled as follows:

1. Establishment of the security framework infrastructure (this serves as the receiving environment for the rest of the elements).
2. Build-up of the management and monitoring system.
3. Bringing into service of the application security elements in the system.

Considering the above details, the protection to be implemented must be closed, comprehensive, proportionate with the risks and provided constantly in time. Efforts must be aimed at the establishment of the management of security of the IT system of an organization, its centralization, the provision of support to it in a transparent manner by IT tools and its automation at the highest possible level, eliminating the human factor as much as possible [16]. It is a legal requirement that the IT system of state agencies must be capable of monitoring and logging the critical security events of determining importance for the operation of the agency and the automated management of such events [7] [11].

## 6 CONCLUSIONS

Nowadays state organizations have to pay special attention to information security, because protecting confidential information, and ensuring its integrity and availability are of paramount importance. Information security should not be regarded as merely prevention, rather much more as a comprehensive strategic issue. Companies often try to cover information security with IT security but it is not a single-factor task, but a very complex process. This study collected the factors which should be considered when building the highest level of information security in a company. In our days planning a complex IT security system requires the possession of skills and application of up-to-date planning methodologies. As the study shows, a high number of aspects must be taken into account in the planning of both areas in order to ensure the success of these efforts.

## REFERENCES

[1] Zs. Szabó (2017): Cybersecurity issues of pension payments. In: Szakál Anikó (szerk.). IEEE 15th International Symposium on Intelligent Systems and Informatics: SISY 2017. Subotica, Serbia. 2017.09.14-2017.09.16. New York: IEEE. pp. 289-292.

[2] M. Russinovich (2011): Zero Day: A Novel. Thomas Dunne Books, March 15, 2011. pp. 1- 350.

[3] McAfee (2017): McAfee Labs Threat Report, December 2017. <https://www.mcafee.com/us/resources/reports/rp-quarterly-threats-dec-2017.pdf> (Downloaded: 16/04/2018)

[4] B. Albert - László, J. Frangos (2002): Linked: The New Science Of Networks Science Of Networks. Basic Books. pp. 1-288.

[5] M. Russinovich (2012): Trojan Horse. Thomas Dunne Books. September 4, 2012. pp. 1- 380.

[6] T. Szádeczky (2015): Information Security Law and Strategy in Hungary, Academic and Applied Research in Public Management Science 14:(4). pp. 281-289.

[7] Az állami és önkormányzati szervek elektronikus információs rendszerek biztonságáról szóló 2013. évi L. törvény (Ibtv.). Magyar Közlöny 2013. évi 68. sz. pp. 50241-50255.

[8] ESET (2017): Trends 2017 Security Held Ransom. <https://www.welivesecurity.com/wp-content/uploads/2016/12/ESET-Trends-2017-security-held-ransom.pdf> (Downloaded: 15/10/2017)

[9] ESET (2018): Cybersecurity Trends 2018: The Cost of Our Connected World. [https://www.welivesecurity.com/wp-content/uploads/2017/12/ESET\\_Trends\\_Report\\_2018.pdf](https://www.welivesecurity.com/wp-content/uploads/2017/12/ESET_Trends_Report_2018.pdf) (Downloaded: 17/04/2018)

[10] Zs. Szabó (2017): The Information Security and IT Security Questions of Pension Payment. In: Lucia Figuli, Pavel Manas, Alexander N Kravcov, Václav Pospichal, Bohuš Leitner, Pavel Svoboda (editor) Structural and Mechanical Engineering for Security and Prevention: ICSMESP 2017. Prague, Czech Republic. 2017.06.14-2017.06.16. Prague: Trans Tech Publications. 2017. pp. 322-327.

[11] Regulation (EU) 2016/679 of the European Parliament and of the Council of 27 April 2016 on the protection of natural persons with regard to the processing of personal data and on the free movement of such data, and repealing Directive 95/46/EC (General Data Protection Regulation) (Text with EEA relevance). <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32016R0679&from=EN> (Downloaded: 17/04/2018)

[12] CISCO (2018): Cisco 2017 Midyear Cybersecurity Report [https://www.automation.com/pdf\\_articles/cisco/Cisco\\_2017\\_MCR\\_Embargoed\\_til\\_072017\\_5\\_AM\\_PT\\_8\\_AM\\_ET.pdf](https://www.automation.com/pdf_articles/cisco/Cisco_2017_MCR_Embargoed_til_072017_5_AM_PT_8_AM_ET.pdf) (Downloaded: 18/04/2018)

[13] Á. Csizsárik - Kocsir, J. Varga, Crisis (2017): Project - Risk: According to the Opinions of Hungarian SMEs, Project Management Development - Practice and Perspectives: Sixth International Scientific Conference on Project Management in the Baltic Countries. pp. 60-70.

[14] Dornfeld, L. - Keleti, A. - Barsy, M. - Kilin, J. - Berki, G. - Dr. Pintér, I. (editor) (2016): Geopolitics of the Virtual Space. Geopolitical Council. Budapest. 2016/1. pp. 1- 369.

[15] P. Michelberger, Cs. Lábodi (2012): After Information Security - Before a Paradigm Change: A complex Enterprise Security Model. Acta Polytechnica Hungarica 9:(4). pp. 101-116.

[16] Zs. Szabó (2016): Options of micro-simulation in the modelling of the pension system and the intelligent IT security system. Computational Intelligence and Informatics (CINTI), 2016 IEEE 17th International Symposium on Óbudai University 17-19. Nov. 2016, Conference book. Electronic ISSN: 2471-9269. INSPEC Accession Number: 16656968. DOI: 10.1109/CINTI.2016.7846421. pp. 295 -298.

[17] Csabák, D. - Szűcs, K. - Vörös, P. - Kiss, A. (2016): Big Data Testbed for Network Attack Detection. Acta Polytechnica Hungarica Volume 13 Issue Number 2. DOI: 10.12700/APH.13.2.2016.2.3. pp. 47-57.

[18] Z Rajnai, B. Puskas (2015): Requirements of the Installation of the Critical Informational Infrastructure and its Management, Interdisciplinary Description of Complex Systems 13: (1) pp. 48-56.

[19] Nyikes, Z., Németh, Z. Kerti, A. (2016): "The electronic information security aspects of the administration system," 2016 IEEE 11th International Symposium on Applied Computational Intelligence and Informatics (SACI). Timisoara. DOI: 10.1109/SACI.2016.7507395. pp. 327-332.

# Reliability of critical infrastructure elements

Lucia Figuli\*,

\* Department of Technical Sciences and informatics, Faculty of Security Engineering, University of Žilina, Univerzitná 8215/1, 010 26 Žilina, Slovakia  
a lucia.figuli@fbi.uniza.sk

**Abstract** — The present paper is focused the reliability of critical infrastructure elements. Possible threats on the critical infrastructure elements are described. Next the extreme load which the critical elements have to resist are defined. Paper gives an overview on the problems and shows on the gaps in the current standards and their approach.

**Keywords:** critical infrastructure, reliability, safety, extreme loading

## 1 INTRODUCTION.

In the last years critical infrastructure elements were defined. Mainly after the terrorist attacks and the damages of important buildings and life loses a new concept of critical infrastructure protection was adopted in United States of America and in Europe.

European council directive defines the term of ‘critical infrastructures’ only, not clearly defines the term of ‘critical infrastructure element’. National Council of the Slovak republic on February 8th 2001 adopted law N° 45/2001 Coll. Where ‘Critical infrastructure element’ is defined as mainly engineering structure, public service or informational system in the critical information sector. According to sectoral and cross-cutting criteria the disruption or the destruction of them could have negative consequences on the function of society and economy and to life quality of inhabitants from the view of their life protection, health, security, property and environment. According to the law ‘Civil engineering law’ engineering structure is defined as roads, highways, bridges, tunnels, airports etc.

Critical infrastructure elements vary from intangible things as services, systems, network to tangible ones as bridge, tunnels water dam etc.

The concept of critical infrastructure was set mainly because of the occurrence of unexpected events. To identify its elements for efficient managing security, it is necessary to define the types of attacks as well as to estimate the probability of occurrence and their expected consequences.

When we speak about Critical Infrastructure Protection, we are regarding under the influence of the entire spectrum of possible threats, which are classified into three types:

1. Natural events,
2. Technical failure/human error, and
3. Intentional acts such as terrorism, crime or war [1].

## 2 EXTREME LOADS

All types of threats defined above could be considered as extreme loads for critical infrastructure element, which can cause their failure or damage. If the structure has to be safe and functional have to resist to the external loads.

According to the standard valid for the design of structures in Europe (Eurocode 1), actions (loads) are divided into different classes [8]:

Table 1 Classification of actions

| Permanent action  | Variable action                           | Accidental action    |
|---|---|----------------------|
| Self-weight of structures, fittings and fixed equipment | Imposed floor loads                       | Explosion            |
| Prestressing force                                      | Snow loads                                | Fire                 |
| Water and soil pressure                                 | Wind loads                                | Impact from vehicles |
| Indirect action, e.g. settlement of supports            | Indirect action, e.g. temperature effects |                      |

Generally, as an extreme load is a considered load which are not commonly considered. EN 1991-1-7 (Eurocode 1 – Actions on structures-Part 1-7: General Actions-Accidental actions), some of them describes with the name “Accidental actions”. The following actions included (i) impact forces from vehicles, rail traffic, ships and helicopters, (ii) actions due to internal (only!) explosion and (iii) actions due to local failure from an unspecified cause. Accidental actions can be caused by:

### 2.1 Impact

#### a) road vehicles

Design values for action due to the impact on the supporting structures are defined according to the category of traffic (see Table 2).

Table 2 Indicative equivalent static design forces due to vehicular impact on members supporting structures

| Category of traffic                           | Force $F_{dx}^a$<br>[KN] | Force $F_{dy}^a$<br>[KN] |
|---|--------------------------|--------------------------|
| Motorways and country national and main roads | 1000                     | 500                      |
| Country roads in rural area                   | 750                      | 375                      |
| Roads in urban area                           | 500                      | 250                      |
| Countryyards parking garages with access to:  | 50                       | 25                       |
| - Cars  | 150                      | 75                       |
| - Lorries <sup>b</sup>                        |                          |                          |

<sup>a</sup> x=direction of normal travel, y=perpendicular to the direction of normal travel  
<sup>b</sup> The term "lorry" refers to vehicles with the maximum gross weight greater than 3,5 tonnes.

#### b) forklift trucks

Design values for accidental actions due to the impact from forklift trucks should be determined taking into account the dynamic behaviour of the forklift truck and the structure. The structural response may allow for nonlinear deformation. As an alternative to a dynamic analysis an equivalent static design force  $F$  may be applied.  $F$  may be taken as  $5W$ , where  $W$  is the sum of the net weight and hoisting load of a loaded truck.

#### 2.2 Internal explosion

Eurocode 1 consider only internal explosion, no external. Explosive material such as explosive gases, or liquids forming explosive vapour or gas are taken into account. Effects due to the explosives are outside the scope of the Eurocode 1. The most significant aspects of the design and the assessment of the buildings are the blast wave propagation (dependence of pressure to time) and the maximal blast pressure. The blast wave propagates outward in all directions from the source in the form of sphere at supersonic speed. The magnitude and the shape depends on the nature of the energy release and on the distance from the explosion epicentre. We recognise two type of blast wave. The first one, has a sudden rise in pressure above ambient atmospheric conditions to a peak overpressure, the pressure returns to ambient value. In the second phase the pressure takes the negative values and gradually return to ambient. [3]

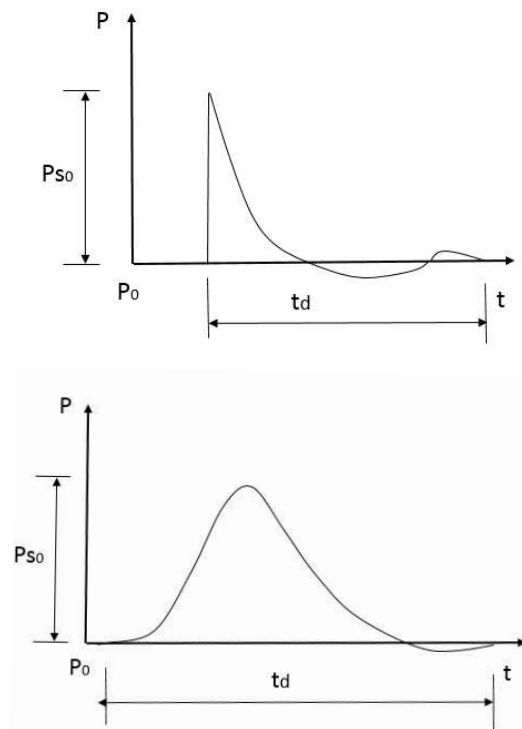


Fig. 1 Specific history of blast wave according to the type of explosive substances

Eurocode 1 recognise dust explosion and natural gas explosion. For the dust explosion defines so called venting area A depending on the material parameter of various type of dust, maximum pressure of the dust, the deflagration index of a dust cloud, volumes and pressures as static activation pressure and anticipated maximum reduced pressure.

For natural gas explosions is internal natural gas explosion defined using a nominal equivalent static pressure depending on the uniformly distributed static pressure, or the ratio of area of venting components and the volume of rectangle enclosure can be taken into consideration.

Extreme loads are not anymore only those described above but with the significant climate change and increasingly more unpredictable weather patterns is about the freezing precipitation, snowfall, snow loading and snow storms, windstorms and heavy precipitation causing the extreme loads for the structures.

#### 2.2 Extreme climate load

##### a) wind

To climate load, Eurocode 1 part 1-4 (Wind load) is focused. But the norm does not give guidance on local thermal effects on the characteristic wind, e.g. strong arctic thermal surface inversion or funnelling or tornadoes.

Numerous past cases of extreme weather point out of the deficiency of such guidance, the maximal design value for wind is less than values measured in the past cases. From the past notable event are windstorms Lothar and Martin, Western Europe, December 1999 with the maximum 10m wind speeds in m/s. The data [4] shows

that in many regions of Europe the 5-year and the 50-year return levels are exceeded by the 10m wind speeds.

Lothar was carried across the Atlantic at speeds that reached 130 km/h. Next, with winds at times gusting above 210 km/h, Lothar crossed the Normandy coast in the early hours of December 26th. In less than 12 hours it raged across northern France, battered Belgium, tore through Germany, and only when nearly half-way across Poland, finally weakened. Just 300 kilometres in diameter, Lothar's compact internal pressure gradients were comparable to those of a Category 2 hurricane. Lothar brought wind gusts of 170 km/h to Paris and 150 km/h to Karlsruhe, Germany, some 450 km from landfall. One day later, in the mid-afternoon of December 27th, winter storm Martin nevertheless brought gust wind speeds of 190 km/h to the French coast, and as high as 160 km/h to Vichy and 140 km/h to Carcassonne, far to the south. Bordeaux, where gusts reached 144 km/h, was especially hard hit. [5]

Windstorm Kyrill in West, Central and East Europe, January 2007, where windstorm Kyrill reached the Irish coast in the morning of the 18 January, where it caused wind speeds of up to 120 km/h. Consequently, strong pressure gradients occur and it led to widespread hurricane force wind gusts up to 150 km/h throughout Central Europe. [4].

According to the Eurocode EN 1991-1-4 the structure has to resist to the wind estimated as a fundamental value of the basic wind velocity  $v_{b,0}$ . The wind climate for different regions/countries in Europe is described by values related to the characteristic 10 minutes mean wind velocity at 10 m above ground of a terrain with low vegetation (terrain category II). These characteristic values correspond to annual probabilities of exceedance of 0,02 which corresponds to a return period of 50 years.



Fig. 2 Basic wind velocities for Europe [2]

From the Figure 2 is obvious that the structure is designed generally for the wind velocity range from 20 to

31 km/h. As we mentioned above extreme loading in the case of hurricanes and storms, which are more and more common are significantly different from the standard design values.

#### b) Flash and river floods

The other extreme load, which are in last days present but the structures are not design for them effects are flash and river floods. The hydro-meteorological event is of a type that can be observed several times in Europe each year, in different mountainous locations, that is quasi stationary or so-called back-building storms punching heavy rain for several hours over the same area, resulting in flash floods that destroy local streets and bridges. The maximum rain is rarely directly measured in such events, but seems often to be well above 100 mm within one or two hours. [4]

#### c) Extreme snow load

Heavy snow loading is other extreme loads. Winters and climate during winters have been changed. It is no more about the regular constant snow load, but snow fluctuations occur. The value of snow load is exceeded. This year 2017 snow occurs in many places of south Europe (mainly in Spain, Italy and Turkey) after years and in some places the snow cover reached 40 cm of heavy snow with the rain. In Slovakia, town of Čadca the snow record was measured, when 104 cm of new snow was reached in one day.

Because of heavy snow load, the glass roof of Prague theatre (Prague, Czech Republic) were damaged and fragments injured three peoples in the hall in 2010. More than 100 people were injured and 10 killed because of roof collapse of university hall in South Korea under the heavy snow.



Fig. 3 Roof collapse due to the snow [ (a) Theatre in Czech Republic (b) University hall in South Korea]

Eurocode 1 EN 1991-1-3 provides guidance for the determination of the snow load to be used for the structural design of buildings and civil engineering works for sites at altitudes under 1500m. In the case of altitudes above 1500m advice may be found in the appropriate National Annex. EN 1991-1-3 does not give guidance on the following specialist aspects of snow loading: impact loads due to snow sliding off or falling from a higher roof; (ii) additional wind loads resulting from changes in shape or size of the roof profile due to presence of snow or to the accretion of ice; (iii) loads in areas where snow is present all the year; (iv) loads due to ice; (v) lateral loading due to snow (e.g. lateral loads due to drifts); and (vi) snow loads on bridges.

According to prEN 1991-1-3 the snow load on the roof is described by the characteristic value of the ground snow load for the relevant altitude  $s_k$ . Ground snow load map of 10 Climatic Regions with homogeneous climatic features

is defined (see Fig.4) Different zones are defined for each climatic region. Each zone is given a Zone number Z, which is used in the load altitude correction formula.

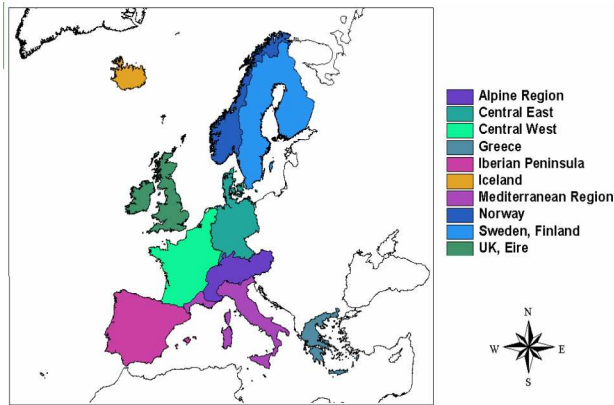


Fig.4 Ground snow load map of 10 Climatic Regions according to Eurocodes

If we consider the mentioned case above in Slovakia, town of Čadca where the snow record was measured, when 104 cm of new snow was reached in one day, we can make a comparison. According to the Slovak snow map, the value of ground snow load for this region is 2,25 KN/m<sup>2</sup>. This value corresponds to the height of snow equal 22,5 cm. so we can conclude that the snow load was exceeded about 77%.

### 3 REALIABILITY OF CRITICAL INFRASTRUCTURE ELEMENTS

Generally, buildings for the purposes of differentiate their reliability are categorised according to the supposed consequences classes [9]:

Table 3 Definition of consequence classes

| Consequences Class | Description  | Examples of buildings and civil engineering works   |
|--------------------|--|---|
| CC3                | High consequence for loss of human life, or economic, social or environmental consequences very great  | Grandstands, public buildings where consequences of failure are high                        |
| CC2                | Medium consequence for loss of human life, economic, social or environmental consequences considerable | Residential and office buildings, public buildings where consequences of failure are medium |

|     |  |  |
|-----|--|--|
| CC1 | Low consequence for loss of human life, and economic, social or environmental consequences small or negligible | Agricultural buildings where people do not enter (e.g. storage buildings), greenhouses |
|-----|--|--|

The aim of prevent and security measurements is to decrease of the possibility of building failure or collapse. There is possible to categorize the selected element into the higher consequence class and done the exact analysis of considered loading. Table 4 shows recommended minimum values for reliability index  $\beta$  (ultimate limit states). For the increase of reliability of critical infrastructure element is required to done a risk analysis, where or risk will be considered.

Table 4: Recommended minimum values for reliability index  $\beta$  (ultimate limit states)

| Reliability Class | Minimum values for $\beta$ |                           |
|-------------------|----------------------------|---------------------------|
|                   | 1 year reference period    | 50 years reference period |
| RC3               | 5,2                        | 4,3                       |
| RC2               | 4,7                        | 3,8                       |
| RC1               | 4,2                        | 3,3                       |

### CONCLUSIONS

To predict damage and safety hazard risks of critical infrastructure element a probabilistic risk assessment procedure has been taken into account in the form of structural reliability analysis. For structural reliability analysis, maximal load had to be set arising from the treat scenarios and geometric and mechanical characteristic of the critical infrastructure element have to be known. Problem is that the load characteristic for such extreme load can be applied from the Eurocodes, because in major part Eurocodes (or valid standard for Europe) do not count with such extreme loading. For example, only actions due to internal explosion arising from explosion of dust and gas are considered. Flood wave effect is not considered too. Risk assessment procedure is interdisciplinary problem where the knowledge of risk analysis, structural behaviour, and dynamic of structure have to be involved.

### ACKNOWLEDGEMENT

This work was supported by the research projects VEGA Nr. 1/0240/15 „Process model of critical infrastructure safety and protection in the transport sector” and project VI20152019049 "RESILIENCE 2015: Dynamic Resilience Evaluation of Interrelated Critical Infrastructure Subsystems".



REFERENCES

- [1] Christine Eismann, Trends in Critical Infrastructure Protection in Germany. Transactions of the VŠB - Technical university of Ostrava Safety Engineering Series, ISSN 1805-3238 Vol. IX, No. 2, 2014. p. 26 - 31, DOI 10.2478/tvsbses-2014-0008
- [2] Implementation of Eurocodes Handbook 3 Action Effects for Buildings. Aachen. 2005
- [3] Figuli, F., Jangl, Š., Picot, S. (2017) Different Approaches to Setting the Blast Load of Structure. In: Kravcov A., Cherepetskaya E., Pospichal V. (eds) Durability of Critical Infrastructure, Monitoring and Testing. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, Singapore
- [4] Groenemeijer, P. (2017) Past cases of Extreme Weather Impact on Critical Infrastructure in Europe. <http://rain-project.eu/wp-content/uploads/2015/11/D2.2-Past-Cases-final.compressed.pdf>
- [5] Tatge, Y. (2090) Looking Back, Looking Forward: Anatol, Lothar and Martin Ten Years Later. <http://www.air-worldwide.com/Publications/AIR-Currents/Looking-Back,-Looking-Forward--Anatol,-Lothar-and-Martin-Ten-Years-Later/>
- [6] <http://www.ceskatelevize.cz/ivysilani/10118379000-udalosti-v-regionech-praha/210411000141207-udalosti-v-regionech/obsah/137532-v-divadle-v-dlouhe-se-pod-snehem-propadla-strecha>
- [7] [http://zpravy.idnes.cz/v-koreji-se-zritila-strecha-haly-zemrelo-nejmene-10-lidi-p1b-/zahranicni.aspx?c=A140218\\_074148\\_zahranicni\\_vez](http://zpravy.idnes.cz/v-koreji-se-zritila-strecha-haly-zemrelo-nejmene-10-lidi-p1b-/zahranicni.aspx?c=A140218_074148_zahranicni_vez)
- [8] Designers' Handbook to Eurocode 1: Basis of design, H. Gulvanessian, Milan Holický, Thomas Telford, 1996 - 123 p
- [9] Mynarz, M.. Mimořádná zatížení staveb. Edice SPBI Spektrum. Ostrava 2015 ISBN978-80-7385-174-3

# Virtuális tervezés és 3D-s gyártás a fogászati szakterületen

## Virtual design and 3D manufacturing in dental applications

János Kónya\*, Klaudia Kulcsár\*\*

\*, \*\* Dent-Art-Technik Kft., Győr, Hungary

labor@dentarttechnik.hu

kulcsar.klaudia@dentarttechnik.hu

### *Abstract*

The study's subject is a complex manufacturing process creating precise fit of fixed bridge prostheses. The materials and technologies used in our field are the sum of the most modern processing methods in the trade. The idea for the complex utilization possibility of both additive and subtractive technologies has emerged first at the University of Győr. Six years later, the ideal was realized as an optimized process in our laboratory. The role of virtual design has increased in dentistry; along with the penetration of implant prosthetics grew the qualitative requirements. The complex precision manufacturing process makes the required surface fitting possible for dual-phase implants.

### Methods used in the process

#### Optical scanning, surface digitalization

The spatial coordinates of the model's surface points are defined with a non-contact projected line 3D scanner. From the processed information, the spatial locations of the surface's specific digitizable points can be determined.

#### Computer modeling and production planning

Product design is made in virtual environment using softwares developed for this express purpose. Manufacturing includes applied IT methods, procedures and services related to the operative phase of production execution.

#### Additive manufacturing with laser metal fusion (LMF) printer

LMF technology is the melting of the automatically layered metallic powder with the energy of a scanning laser beam. At each layer melting occurs at certain regions where needed, according to the cross-sectional area of the model at the given height.

#### Subtractive technology

**At the 5-axis machining centers using special positioning clamping-desk, an automatic tool magazine is expected. The most important part of the follow-up work is fixing the 3D printed pre-product and locating the exact zero point.**

**Keywords:** complex manufacturing, additive, subtractive, virtual design, implant prosthetics, dentistry, dual-phase implants, 3D scanner, CBCT, human bone, optical scanning, implant-supported denture, surgical template, tooth replacement, 3D printed, fixed implants, fixed prosthetics, sint and mill

## 1 INTRODUCTION

The use of dental implants becomes possible for patients who suffer from bone deficiency as we present in this study. With the insertion of such implants, a permanent tooth replacement can be created. This study presents the preparation technique for implant insertion and the complex manufacturing process of dentures placed onto implants. The technologies used in our specialized manufacturing process belong to the most recent machining procedures. With the spread of implantation prosthetics, the role of virtual design also increases in dental applications. Thus, the simultaneous use of both additive and subtractive technologies becomes essential. The applied precisional manufacturing technology enables the required accurate surface fitting between the implant and denture.

Operations in the whole process:

- computer-aided design and process planning
- optical scanning, surface digitalization
- additive manufacturing with LMF (Laser Metal Fusion) technology
- subtractive technology

DESIGN OF IMPLANTATION PROSTHETICS

2 DESIGN AND IMPLEMENTATION PROSPECT OF IMPLANT POSITIONING

2.1 Virtual image analysis

The patient's CBCT image is delivered via e-mail or another electronic data traveller. Image processing begins with the conversion of the DICOM file to STL file format.

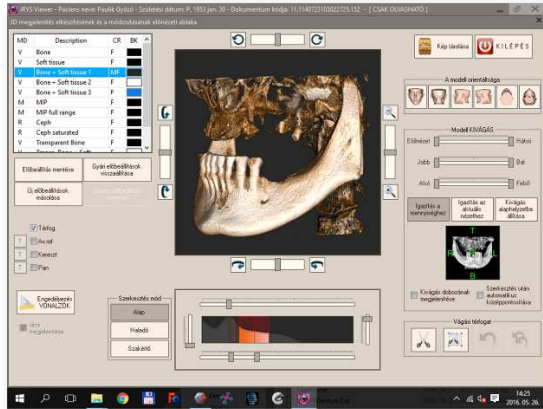


Fig. 1. CBCT imaging

Filtering of noise, shades, image disturbances, artifacts, and continuity defects originating from CBCT imaging are done by different image correction techniques. Afterwards, a preliminary examination takes place in a CT analysis software. Hereby, the layers and bone surfaces required for denture design are obtained.[3][5]

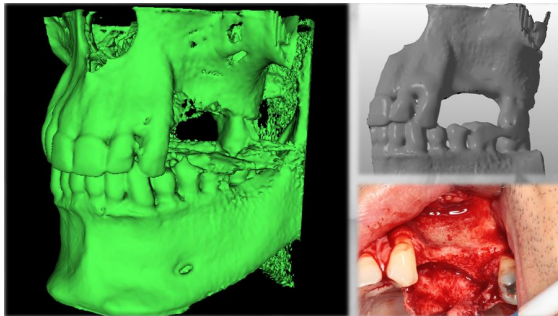


Fig. 2. Surface of bone

In the next step, we examine the bone surface generated this way, and calculate bone volume. Subsequently, the available bone structure is evaluated by means of quality and quantity. Hereby, we consider if existing bone volume is suitable for implantation. Occurrent existing dentition and bone volume are considered to decide the necessity of physical impression or supplementary CBCT images for denture fabrication.[2] [3][5]

2.2 Ideal, denture-based implant position design

During the modelling process, we use a dental design software, in which the ideal denture is created on the existing STL bone surface obtained from CBCT imaging. [5]

Antagonistic, aesthetical, mechanical, and functional aspects are considered here. [5][6]

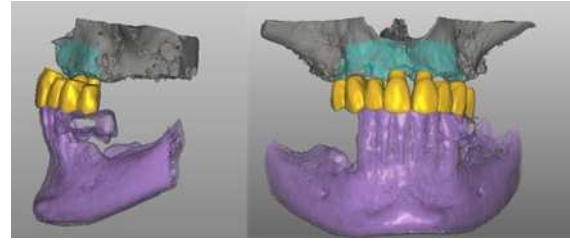


Fig. 3. The ideal denture on the bone surface

The number and size of dental implants was previously recommended by a dentist, oral surgeon.[5][6]

These implants are positioned in the bone tissue with the use of the designed, ideal denture. The choice and positioning of implants are influenced by anatomical site, screw-type trans-occlusal fixability of the denture, and functional occlusal loads. [2] [3][5] [6]

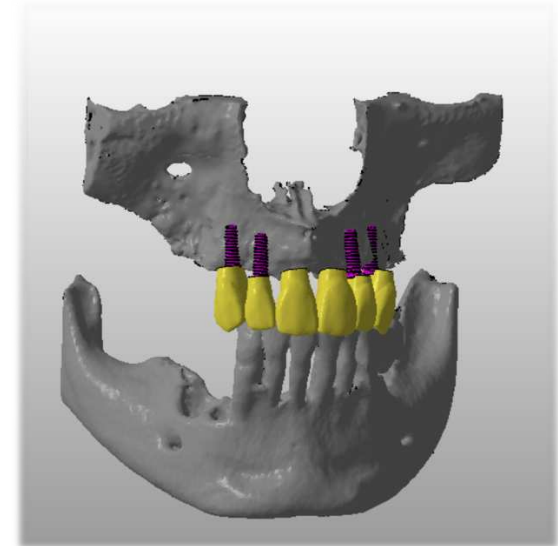


Fig. 4. The ideal position for implants

2.3 Determination and design of bone deficiency

Using the obtained data, possibly missing bone volume is reconstructed in a virtual environment by a surface-design software. Several factors have to be considered during this design process. One of the most important and decisive aspect is the restorable bone volume and the size of bone block graft.[3] [7]

Design is fully influenced by the aim of perfect bone integration, as possible bone loss has to be calculated during selection of geometrical sizes. Apart from these, another significant aspect is to define the borderlines of bone block grafts. The choice of optimal borderlines is based on the so called "nil nocere" principle. Here we consider neighbouring teeth, existing bone dimensions, nerve and mucous membrane relations.[3] [7]

With bone block grafts we are able to restore missing anatomical parts of mandibula and maxilla in a well-planned way. Bone deficiency can be the

result of bone loss, bone disintegration, or accidental trauma. [3] [7]

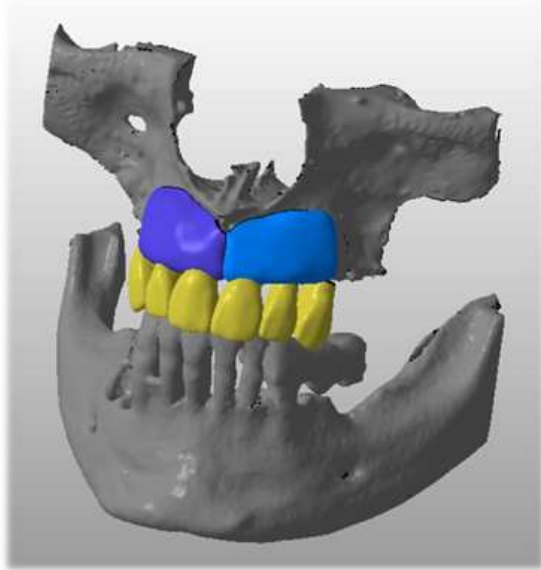


Fig.5. Replacing the missing virtual bone volume

We use human bone grafts for the restoration of missing bone tissue. Its surface nanostructure is of vital importance in the aspect of cell integration. Based on Hungarian patent, we utilize an albumin treatment, which is a protein enhancing integration and remodelling of the created bone tissue.

Besides the above-mentioned factors, in this phase the plans are checked by a medical specialist and an additional consultation takes place if necessary.

#### 2.4 Machining

The bone component with a verified geometry and volume is prepared for machining. We choose a trabecular bone block graft material of adequate size. The bone block graft is then constructed by a 3D machining centre after defining its proper virtual orientation. [2]



Fig.6. Bone selection and machining

After machining, the lockpin and its place are removed from the shaped bone block. Fitting and insertability are tested on a 3D-printed model of the bone surface under real circumstances. The bone block graft with the proper documentation is then transported back to the tissue bank for cleansing, sterilization, and albumin-treatment. [2]



Fig.7. The machined bone block

### 3 SURGICAL TEMPLATE

The surgical template is designed by a free-surface modelling program based on the surgical plan of implant positions. The result of this design is a non-series surgical template. With the help of this aidance, drilling depth, direction, and micro-screw fixation can be determined.[3]

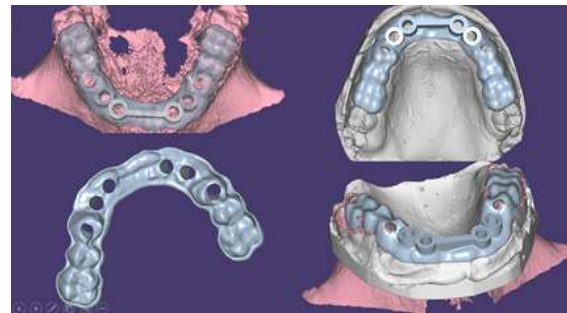


Fig.8. Designed surgical guide

The fitting of surgical template can take place on gum tissue, tooth, bone surface or the combinations of these. For the determination of bone surface, gum tissue, and articulation position, a supplementary CBCT image is needed with an additional physical impression.[3]

For this, we need to define the same coordinate system for the data obtained from CBCT imaging, and the optically-scanned version of the physically imprinted tooth surface model. During the design process, the necessary details of surgery and the requirements from the oral surgeon are all

considered. It makes it possible to choose from full, semi, and pilot guide surgical techniques. [3] [8]

The next step is the 3D printing of the drilling template from a special purpose, sterilizable, photopolymeric material. Titanium sleeves ensuring position-drilling are inserted into the 3D printed template before sterilization process. These titanium sleeves belong to the implant, and are placed to the drilling equipment.[2] [4] [8]

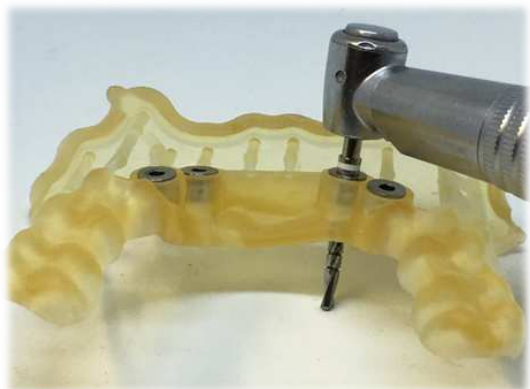


Fig.9. Printed surgical guide

#### 4 TOOTH REPLACEMENT

##### 4.1 Optical scanning of implant-supported denture

The production of permanent denture takes place after the implantation of bone graft, the insertion and osseointegration of the adequate number of implants, and the advancing healing. This procedure starts with the impression of implants in the oral cavity. It requires a special impression technique which stably fixes the position of implants. Afterwards, occlusal impression and antagonistic model impression are carried out. The geometry obtained this way is complemented with technical analogues. Based on this, a gypsum model is created, which is the exact replica of the implants placed in the oral cavity. The required information base is obtained by joining together the antagonistic model and the occlusal impression. [10]

The following process is the optical scanning of models, during which the spatial coordinates of surfacial points of specimens are created by a non-touch projected-line 3D scanner. Information obtained and processed this way is enough for the software to calculate the spatial position of each point of the digitalized surface. The results of scanning are STL format model files. [10]



Fig.10. Optical scanning of implant based dental restorations

The average precision of dental scanners are 5 micrometres. This precision is indispensable for carrying out implantation projects. An articulatory scan exposure is made using the antagonistic, the specimen, and the occlusal impressions. A detailed image of the antagonistic model itself is also created. In the following, the so-called master specimen is scanned together with the gingival area. In the next step, the exact position of implants in the specimen is determined by utilizing scan bodies that are identical to the type of the existing implant.

The scanned denture is then inserted to the identical-type virtual library that contains the factory standard precision nesting surface of the implant. The result of this is the defined position of implants with type-identical nesting surfaces in one sole model. This model enables further design steps.

##### 4.2 Virtual design

Design takes place in a virtual environment by using a special purpose professional software. [11]

First is the choice implant fitting. Then, the exact determination of fitting types, and the run-off marking of surrounding gingival tissue takes place. The anatomical dental replacement with unique size and shape is created with the consideration of the patient's age and gender. The aim of this design phase is the aesthetic, functional, and phonetical restoration of the patient's dentition. Screwing directions are determined by the axes of implants used as pillars for the designed denture.[1] [2] [7]

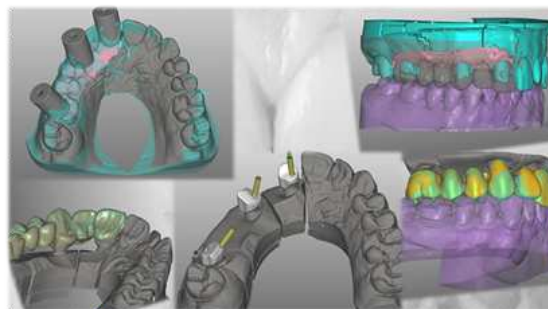


Fig.11. Virtual design of dental implants

##### 4.3 Visualization of anatomical model

The virtually-designed implant supported anatomical denture is manufactured by a 3D printer from photopolymeric material. The created model is suitable for partial, functional tests in the surgery room. Hereby, fitting, articular position, reference planes, centerline, and anatomical dimensions are checked. This visualization helps the medical specialist, the patient, and the designer to connect virtual design with real-life implementation. Possible corrections after this test act as the base of the final virtually designed denture. [11]

##### 4.4 Corrections and modifications

The anatomical shape of our 3D printed model contains the necessary corrections such as smoothed articulation, re-defined centerline, modified vestibular or lingual dimensions. The anatomical plastic model is scanned together with the specimen, and fitted to the originally designed model. Necessary modifications are implemented,

which can be performed in the virtual environment without any complete re-design. The final design stage is the reduction of the framework, where both base material and veneered material to be used are taken into consideration. Simultaneously, the part is prepared for additive manufacturing.

## 5 3D ADDITIVE AND SUBTRACTIVE MANUFACTURING

### 5.1 Utilization of Sint&mill program

In case of dental frame structures, different precision and surface quality is required. It defines if the finished or the semi-finished product needs further machining at FPD frames. [9]

Such informatic computational methods, procedures, systems, and services belong to computer-aided manufacturing that are in connection with the operative phase of product manufacturing, or material and technological processes. Here we can mention sint&mill software, which is used during manufacturing. With sint&mill, we define and offset the surfaces to be milled after reshaping. This software creates a connection between additive and subtractive manufacturing. The requirement of the refacing milling process is to add positioning and fixing lockpins to the 3D printed model that enable zero-point resetting in the milling machine.

### 5.2 Creating a CAM model

The necessary database is ready for the 3D manufacturing software. The model is placed and oriented on the printing platform. Support structures are designed. The finished 3D printing plan is uploaded to the printer and the physical realisation of the model starts. [9]

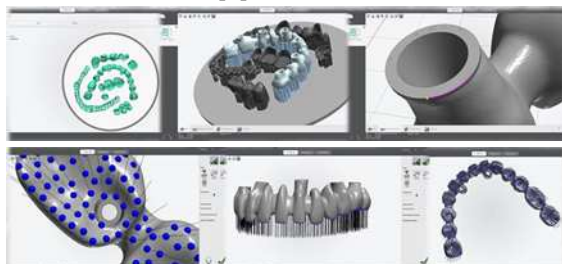


Fig.12. CAM model

### 5.3 3D printing

3D printing is an additive manufacturing technology, which builds up the denture frame with a laser by melting together given areas of the 20-micrometre-thick metal powder layers. Ideal scanning path of solid-state lasers is generated automatically by the software.[9]



Fig.13 LMF - Laser Metal Fusion technology

### 5.4 Post-processing, precision refacing, and finishing

Following the printing process, the finished denture is removed from the printing area together with the platform. Afterwards, the remaining metal powder residues are removed. The surface is then blasted with aluminum-oxide particles to get a smoother exterior. Next step is the adequate heat treatment, during which controlled heating and cooling takes place. The purpose of this heat treatment is the controlled change of state of stress and the framework's material structure in order to achieve the desired physical properties. [4] [9]



Fig.14. Heat treatment

The denture is separated from the platform after oxide-remover particle blasting. The remaining support layers are removed manually.



Fig.15. Printed, heat-treated, sandblasted platform

The framework prepared this way is then fixed into the zero-point-positioned vice of the 5 axis milling machine. Refacing milling is then carried out on previously defined areas of the workpiece.



Fig.16. Sint&mill process



Fig.17. The milled and finished dental framework

The produced denture is transported back to the dental surgery room, where final fitting and geometric accuracy are both tested in the oral cavity. The last phase of implementation take place in the dental technician laboratory, where ceramic and composite coatings are applied to get the lifelike anatomical and aesthetical denture shape. A carving aid is used to construct the veneer, which the replica of the anatomical plastic model on the work model. By fitting the final, reduced FPD frame into the copied negative, the veneer technician can see and

check the dimensions of the material volume to be constructed.

## 6 SUMMARY

The spread and development of implantable dental restorations necessitated the realisation of novel applications for patients without the sufficient amount of bone tissue. Thus, implantation becomes possible, and chewing ability can be fully restored by the proper number and position of implants. Precision fitting, material, and manufacturing process of the realised prosthetic implementation provides a possibility to protect implants and their encasing bone structure, and to enable permanent use of the denture. The experimental development of implementation, IT software processing, and the whole preparation for manufacturing is a technology solely developed and summarized by us.

## REFERENCES

- [1] Jayanthi Parthasarathy (2014): 3D modeling, custom implants and its future perspectives in craniofacial surgery, *Ann Maxillofac Surg.*, 9–18
- [2] Roddy MacLeod, Daniel Michaeli, Volker Wedler (2012): Methods, Apparatuses, Computer Programs, and Systems for Creating a Custom Dental Prosthetic Using CAD/CAM Dentistry, United States Patent Application Publication
- [3] Volkan Arisan Dr., Zihni Cüneyt Karabuda Dr., Hakan Avsever Dr., Tayfun Özdemir Dr. (2012): Conventional Multi-Slice Computed Tomography (CT) and Cone-Beam CT (CBCT) for Computer-Assisted Implant Placement. Part I: Relationship of Radiographic Gray Density and Implant Stability, *Clinical Implant Dentistry*
- [4] A. Dawood, B. Marti Marti, V. Sauret-Jackson & A. Darwood (2015): 3D printing in dentistry, *British Dental Journal*
- [5] W. Stein, S. Hassfeld, J. Brief; I. Bertovic, R. Krempin, J. Mühling (1998): CT-based 3D-planning for dental implantology, *Medicine Meets Virtual Reality*
- [6] Douglas Goldsmith, Marcus Abboud (2012): Computer-guided planning and placement of dental implants, *Atlas of the oral and Maxillofacial Surgery Clinics*, 53-79
- [7] RH Schepers, GM Raghoebar, LU Lahoda, WJ Van der Meer, JL Roodenburg, A Vissink1, H Reintsema1, MJ Witjes (2012): Full 3-D digital planning of implant-supported bridges in secondary mandibular reconstruction with prefabricated fibula free flaps, *Head Neck Oncol*;4(2):44.
- [8] Lucia Cevidanes, DDS, MS, PhD, Scott Tucker, DDS, MS, Martin Styner, PhD, Hyungmin Kim, MS, Jonas Chapuis, PhD, Mauricio Reyes, PhD, William Proffit, DDS, PhD, Timothy Turvey, DDS, and Michael Jaskolka, DDS (2010): Three-dimensional surgical simulation, *Am J Orthod Dentofacial Orthop.*: 361–371.
- [9] Ben Vandenbroucke, Jean-Pierre Kruth (2006): Selective laser melting of biocompatible metals for rapid manufacturing of medical parts, *Rapid Prototyping Journal Vol. 13 Issue: 4, pp.196-203*
- [10] Gianni Frisardi, Email author, Giacomo Chessa, Sandro Barone, Alessandro Paoli, Armando Razionale and Flavio Frisardi (2011): 14. Integration of 3D anatomical data obtained by CT imaging and 3D optical scanning for computer aided implant surgery, *BMC Medical Imaging*
- [11] P. Koidisa, P. Patiasb, V. Tsioukasc (2006): 16. 3D Visualization of Dental Data for Virtual Treatment Planning, *The Aristotle University of Thessaloniki*

# Gépjárművek vezetést segítő rendszereinek fejlesztése

## Investigations on driver assistant systems

Moharos István, Péczka Polett

Óbudai Egyetem, Budapest, Magyarország

moharos.istvan@bkg.uni-obuda.hu; peczka.polli@gmail.com

**Összefoglalás:** Kocsi, automobil, autó, verda, járgány, Opel, Audi, Ford,... még a végtelenségig folytatható lenne a felsorolás. A járműveknek nem csak a hajtó teljesítményt kell előállítani, és a talajra közvetíteni, hanem szükségünk van egy jó fékezést segítő rendszerre is. Nem elég a külsőség, praktikusnak, ergonomikusnak és biztonságosnak is kell lennie. Célom egy olyan rendszer megalkotása, ami segít időben reagálni és megállni. Kutatásom során megvizsgálom a kerék-talaj között fellépő súrlódási tényezőt különböző környezetben és hatások alatt. A kutatás eredménye képpen tudni fogjuk, hogy mekkora a fékezésre kifejthető ideális erő. Ez a fejlesztés elsősorban az úgynevezett okosautóknál lesz felhasználható. Ha sikeres lesz a kutatás, további előrelépéseket érhetünk el az önműködő autóknál.

**Kulcsszavak:** fékezést segítő rendszerek, önműködő autók, súrlódási tényező

**Abstract:** Car, automobile, can, gin, Opel, Audi, Ford... And we know lot of other name. We need a good system of brake assist. Not enough the beauty, it has to be practical, ergonomic and safe. My aim is I would like creat a brake assist. It can help to stop in time. I investigate the coefficient of friction in more nature and effects. We will know the force what we need to the stop. This innovate would be good the autonomous car. If the investigat be succesful, we can build up the driverless car.

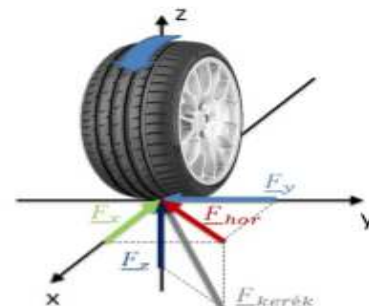
**Keywords:** system of brake assist, autonomous car, coefficient of friction

### 1 BEVEZETÉS

Karl Benz gépjárműve több, mint 130 évvel ezelőtt kapott szabadalmat. Az akkori utakra kiguruló járművek semmiféle, ma luxus kategóriának minősülő felszereltséggel nem rendelkeztek. Ma már külön kategóriákat képeznek az által, hogy mennyire biztonságos az autó. Minden gépjármű rendelkezik vezetést segítő rendszerrel, azonban csak a fékezést segítő rendszerekre térnénk ki. A legrégebbi rendszer, ma már szinte minden gépjárműben megtalálható, ABS, azaz a blokkolásgátló fékrendszer [1]. Ez a repülőgépiparból nőtt ki magát oly

addig, hogy ma már elképzelhetetlen, hogy ne legyen beépítve a járművekbe. Nem ez az egyetlen felszereltség, amely a repülők „tartozékaiból” merített ötletet. Az autóipar a virágkorát éli, azonban ma még sincs olyan rendszer, mely a súrlódási tényező meghatározásával megakadályozná az ütközést. Vajon miért nincs? Lehet-e alkotni ilyen? A válaszuk igen, azonban az ehhez szükséges ismeretek még nincsenek a birtokunkban. Mindenképpen igaz, hogy ez egy elengedhetetlen ismeret a biztonságos közlekedés eléréséhez. Épp ezért célunk egy mérési eljárás és eszköz kidolgozása, amely online adatot szolgáltat a fedélzeti elektronikának az úttest és a kerekek közötti súrlódási tényező pillanatnyi értékéről. [2]

Vannak olyan eszközök [3], melyekkel már közelítőértéket tudunk szolgáltatni. Tapasztalati úton, vizuálisan érzékeljük, hogy havazik, és egy fékpróba segítségével érzékelhetjük, mennyire csúszik az út. A meteorológiai előrejelzések is segíthetnek megállapítani az út csúszósságát. Repülőtereken gyakran mérik az aszfalt hőmérsékletét, ugyanis  $-3$  és  $+3$  °C között a legveszélyesebbek a csúszási viszonyok, ekkor még eső esik, azonban könnyen lejegesedhet a pálya. A kerék és az aszfalt érintkezési felületét általában csak pontként tekintjük. Erre a pontra ható erők segítségével lehet számítani a pillanatnyi súrlódási tényezőt. A horizontális és a normál irányú erő hányadosaként minden kerékre külön-külön kiszámítható (1. ábra)



1. ábra: Kerekre ható erők x-y-z koordináta-rendszerben



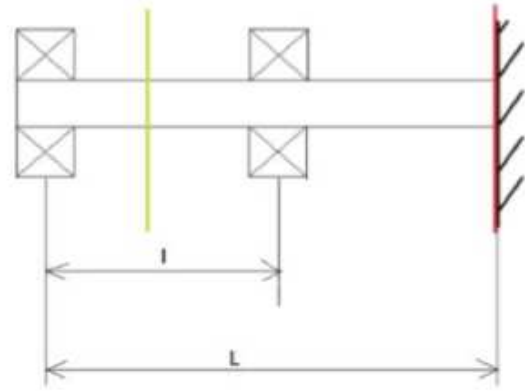
Ezekkel a tapasztalati tényezőkkel pontos értéket nem tudunk meghatározni, csak segítenek felmérni, felkészülni a lehetséges eshetőségekre. A súrlódási tényező meghatározására egy harmadik kereket szoktak alkalmazni. Ennek lényege, hogy szabadon gördüléstől kezdve állóra fékezik az utánfutóra szerelt eszközt, így megkapva a jelleggörbét. Másik mérőeszköz a „Sideway-force Coefficient Routine Investigation Machine”. Lényege, hogy egy alfa szöggel elforgatott kerék segítségével vizsgálják a kívánt útfelületen fellépő oldalirányú erőt. A kerekre ható terhelés mellett képes az oldalirányú súrlódási együtthatót megadni. Ezek az eszközök kielégítő eredményeket szolgáltatnak, azonban drágák és személyautóba nem beépíthető megoldás. A tudomány mai állása szerint inkább indirekt, modell alapú, szoftveres eljárással becsülik meg a súrlódási tényező értékét. Ilyen modellezési eljárás például a Burckhardt-féle kerékmodell vagy az igen gyakran használt Kamm-kör

Egy doktori értekezés [3] is foglalkozik a súrlódási tényező online meghatározásával. Itt azonban teljesen más oldalról közelíti meg a témát a szerző, hiszen egy indirekt eljárással, algoritmus segítségével szeretné megoldani a problémát.

## 2 A KÍSÉRLET ELMÉLETE

Kutatásunk során egy Suzuki Swift GLS típusú gépjárművet vizsgáltunk, amelyre igaz, hogy hátsó kerekein kerékösszetartás van, valamilyen, hogy a fékezés dobfékkel van megoldva. A kerék tengelyére, mint egy befogott tartóra (2. ábra) a csapágyakon keresztül kétféle erő hat. Egyik a kerékösszetartásból származó súrlódási erő által okozott nyomatékból származó erőpár, a másik pedig az önsúlyból származó két azonos nagyságú feltételezett erő.

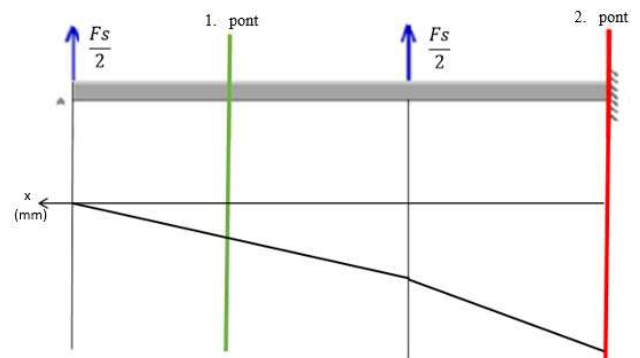
Az első szakaszban (továbbiakban I szakasz) a hajlítónyomaték értéke az önsúly függvényében lineárisan növekedik. Kétszeres önsúly hatására kétszeres lesz a nyomaték is. A második szakaszban (továbbiakban L-I szakasz) az önsúlyból származó nyomaték továbbra is függ a kerekeket terhelő súlyerőtől, azonban az összetartásból származó nyomaték független lesz tőle, és konstans értékű. Az összetartásból származó erőpár függ az önsúlytól, a legördülési sugártól, a súrlódási tényezőtől és az erőpár karjától.



2. ábra: Kerékagy mechanikai modellje mérőhelyek megjelölésével

### 2.1 Összefüggések

A  $\mu$  súrlódási tényezőt a nyomatékok számításával ki lehet fejezni. A két nyomatéki metszék egymással összefüggésben áll. Először is kifejezzük az önsúlyból származó nyomatékokat az első és második metszékben (az 1. ábrán sárga és piros színnel jelölve), majd ugyanitt a kerékösszetartásból származó nyomatékokat is.



3. ábra: Önsúlyból származó nyomatéki ábra

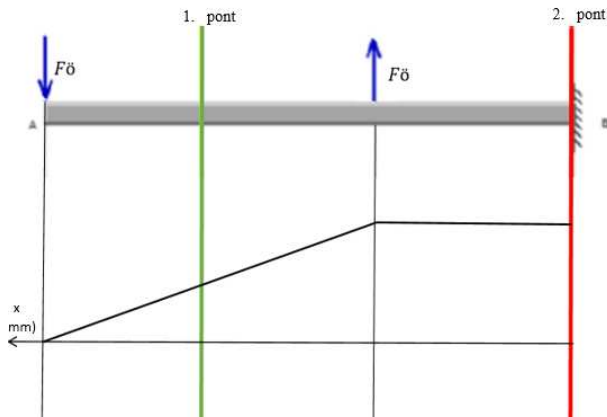
Önsúlyból származó nyomaték a két mérési helyen. (3. ábra)

1. egyenlet:

$$M_1 = \frac{F_s}{2} * \frac{l}{2}; \quad (1)$$

2. egyenlet:

$$M_2 = \frac{F_s}{2} * L + \frac{F_s}{2} * (L - l) \quad (2)$$



4. ábra: Kerékösszetartásból származó nyomatéki ábra

Kerékösszetartásból származó nyomaték a mérési helyeken (4. ábra):

3. egyenlet

$$M_1 = F_0 * \frac{l}{2} = F_s * \mu * \frac{r}{l} * \frac{l}{2} = F_s * \mu * \frac{r}{2}; \quad (3)$$

4. egyenlet

$$M_2 = F_0 * l = F_s * \mu * \frac{r}{l} * l = F_s * \mu * r \quad (4)$$

A kísérlet során ebben a két pontban tudunk mérni értékeket, azonban csak összegezve a kerékösszetartásból és az önsúlyból adódó nyomaték értékét. Az első mérési pontban keletkező nyomaték:

5. egyenlet

$$\sum M_1 = \frac{F_s * l}{4} + \frac{F_s * r * \mu}{2} = \frac{F_s}{4} * (l + 2 * r * \mu) \quad (5)$$

Második mérési pontban létrejövő nyomaték:

6. egyenlet

$$\sum M_2 = \frac{F_s * L}{2} + \frac{F_s * (L-l)}{2} + F_s * r * \mu = \frac{F_s}{2} * (L+L-l+2*r*\mu) \quad (6)$$

Azonban számunkra a két nyomatéki összeg hányadosa a jelentős, hiszen ennek segítségével ki tudjuk fejezni a súrlódási tényezőt:

7. egyenlet:

$$\frac{M_2}{M_1} = 2 * \frac{2L-l+2r*\mu}{l+2r*\mu} = \frac{4L}{l+2r*\mu} - 2 \quad (7)$$

8. egyenlet:  $\mu$  kifejezése a 7. egyenletből

$$\mu = \frac{4L-x*l-2l}{2r*x+4r} \quad (8)$$

ahol  $x$  – nyomatéki hányados  $x=M_2/M_1$

## 2.2 Konklúzió

Látható, hogy a kapott összefüggésben a mérhető két hajlítónyomatékon kívül csak a futómű geometriai adataitól és a nyúlásmérő bélyegek felszerelésének helyétől függ a súrlódási tényező értéke. Ebből következik, hogy eljutottunk egy olyan összefüggésig, ami teljesen független az önsúlytól és csak a súrlódási tényező az ismeretlen. A súrlódási tényező ilyen módon való meghatározása sajnos nem ilyen egyszerű. Természetesen be kell vezetni egy állandót a különböző egyéb befolyásoló tényezőknek, hogy a valóságos helyzetet tudjuk majd lemodellezni. Fontos a realitás megtartása, hogy valós képet kaphassunk a megoldásról.

## 3 KÍSÉRLET KIMENETELE

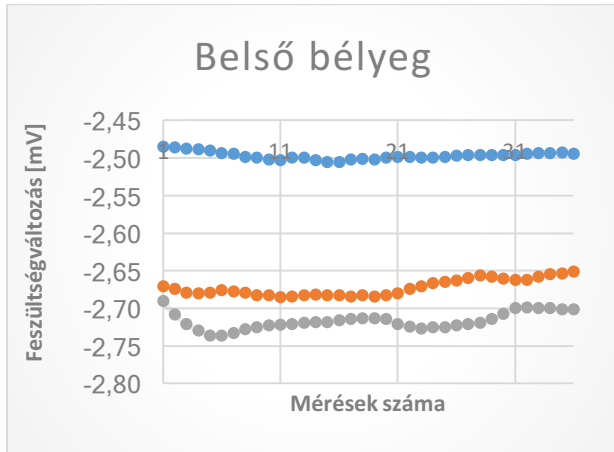
Első lépés a tengely lemodellezése volt, mivel már az első pillanatban tudtuk, hogy azt át kell majd alakítani. A nyúlásmérő bélyegek felszerelése és a kábelezés elvezetése nagy munkát igényelt. Nagyon fontos, hogy a bélyeg felhelyezéskor ne sérüljön, hiszen akkor nem kapunk hiteles eredményt. A tengely az agyba zslugorkötéssel van rögzítve, ez biztosítja, hogy az ne forduljon el. Összeszereléskor, fel kellett melegíteni az agyat, hogy a tengely beszerelhető legyen. Ezért egy olyan nyúlásmérő bélyeget kellett alkalmazni, amely magasabb hőmérsékleten is jól működik. Mivel a tengelyen jelentős változások következtek be, hiszen egy viszonylag nagy szakaszon megszűnt a zslugorkötés és a furatok különösen feszültséggyűjtő helyek, ezért ezt végeelem modellel is szükséges volt leellenőriznünk. A 40 mm-es zslugorkötést egy 20 mm-es váltotta fel. Furatok elhelyezésével elősegítettük, hogy a kábeleket könnyen el lehessen vezetni, valamint lelapolással könnyítettünk a bélyegek felhelyezését. Ezek a változtatások az iparban nem állnak meg a helyüket, épp ezért az ipari alkalmazást más módon kell megoldani.

### 3.1 Felhasznált eszközök

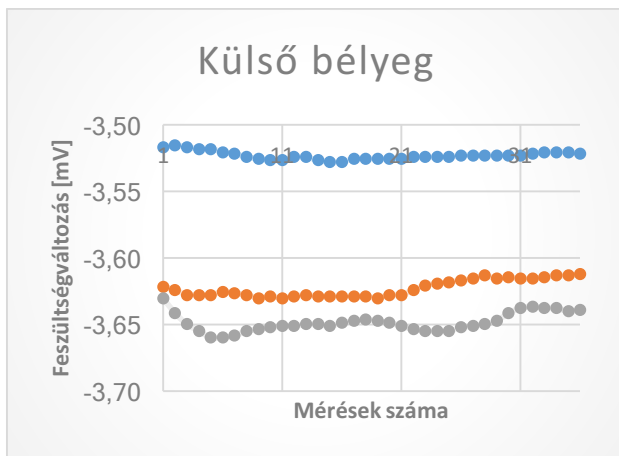
A kísérlethez nyúlásmérő bélyegeket [4] [8] (2 darabot), egy analóg DI-710-es adatgyűjtőt és 6 darab ellenállást használtunk fel. A nyúlásmérő eredetileg egy KFG-1-120-D17-11 L1M2S bélyeg, amely 120 ohmos, 3 állású és 100°C-ig hőkompenzáló. A bélyegen is változtatásokat hajtottunk végre, mivel tudjuk az általunk mérni kívánt normál feszültség irányát ezért csak egy kábelt kötöttünk be. Az adatgyűjtő felhasználásához szükség volt arra, hogy teljes Wheatstone-hídba kapcsoljuk a bélyegeket. Mivel az 1, 1-es szakasz és az L-1, 2-es szakaszon is külön vártunk mérési eredményeket, ezért 2 híd kialakítását kellett megvalósítani. Hogy kialakítható legyen egy-egy híd, a bélyegekhez 3-3, 120,1 ohmos, 0,1%-os ellenállást kötöttünk. Az adatgyűjtővel feszültségváltozásokat tudunk mérni, amely segítségével meghatározható a nyomaték is.

### 3.2 Kalibrálás

Beszerelést megelőzve egy kalibrálást hajtottunk végre, hogy legyenek adatok, amelyekkel össze lehet vetni a gyakorlatban mért értékeket. 200; 500 és 600N erő hatására megmértük, hogy milyen értékek mérhetők. Külön eredmények születtek a külső illetve a belső bélyeg feszültségváltozásaira.



5. ábra: Kalibrálási eredmények a belső bélyegen



6. ábra: Kalibrálási eredmények a külső nyúlásmérő bélyegen

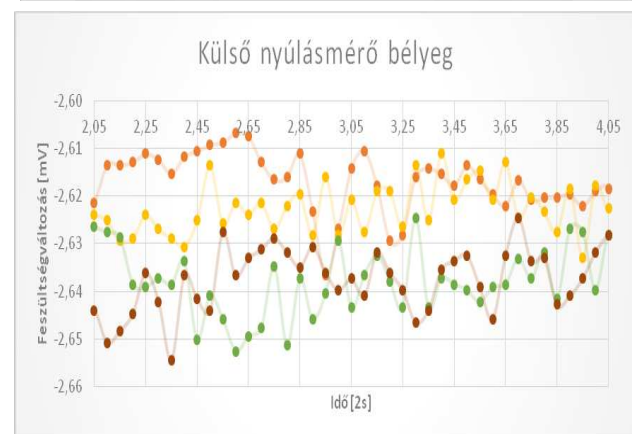
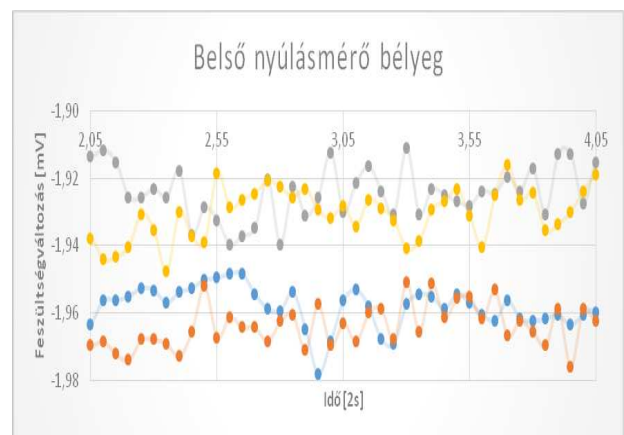
### 3.3 Körülmények

A tengelyt visszahelyeztük a kerékagyba, de mivel nagy hőnek volt kitéve, ezért le kellett ellenőrizni, hogy a bélyegek nem sérültek. Egy ellenállásmérővel lemérve a kimeneteleket, 120 ohmot mutattak, így alkalmasak a beszerelésre. Visszaszerelve a kereket, a felragasztott bélyeges tengellyel, elő kellett készíteni a pályát is.

A kísérlet végrehajtása az Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar udvarán történt. Sajnos a pálya nem ideális, ezért ez okozott kisebb nehézségeket, pontatlanságokat. Négy időjárási helyzetet modelleztünk. A kísérleteket egy napsütéses, száraz időjárású napon hajtottuk végre, így a száraz aszfalt volt az

első időjárási helyzet. Másodikként esős időjárást modelleztünk úgy, hogy felloccsoltuk a pályát vízzel, különösen a jobb kerék alatt. A következő szituáció a „havazás” volt. Kísérletünk alatt a szappanos víz, kissé felhabosítva, idézte elő a meteorológiai helyzetet. Végezetül nem maradhat el természeti jelenségek közül, ami leginkább befolyásolja a tapadást, a „jeges” pálya sem. Ezt egy szappanos vízzel felloccsolt PVC fólia segítségével próbáltuk modellezni. Ezt a négy helyzetet dolgoztuk fel az adatgyűjtővel.

A kísérleteket minden esetben kétszer hatottuk végre, 10 másodpercet vizsgálva. A pálya, illetve a szerelésből adódó esetleges hibák kiküszöbölése miatt 5 másodperc értékeit vettem csak figyelembe. Ennek oka, hogy az első 4 másodpercben még időre volt szükség, hogy a kerék visszaálljon a helyére, valamint az utolsó másodpercben már elkanyarodott az autó. Mivel csak egyenes útviszonyok között vizsgáltunk, ezért az utolsó másodperc sem mérvadó a kísérletben. A kapott eredményeket mutatja be a 4. ábra.



4. ábra: A nyúlásmérő bélyegeken mért értékek

### 3.4 Eredmények kiértékelése

A mért adatokat az adatgyűjtő egy Excel táblázatban küldte el a számítógépre. Ezeket alakítottuk át

diagramokká, hogy jobban kiszűrhetőek legyenek. Azonban a kapott eredmények feszültségváltozások, nekünk pedig nyomatókokra van szükség. Ezért az eredmények kiértékelését követően meg kell határozni a nyomatókokat is, hogy a súrlódási tényező kiszámíthatóvá váljon. Ehhez a kalibrálási eredményeket használtuk fel. Külön a belső, illetve külön a külső bélyegre számoltunk egy konstans értéket, amellyel beszorozva minden feszültség értékhez megkaptuk az aktuális pillanatban keletkező nyomatókot:

$$\frac{M_b}{k} = F * \frac{k_b}{k}$$

Ahol:  $M$  a keresett nyomatók a belső illetve a külső bélyegre

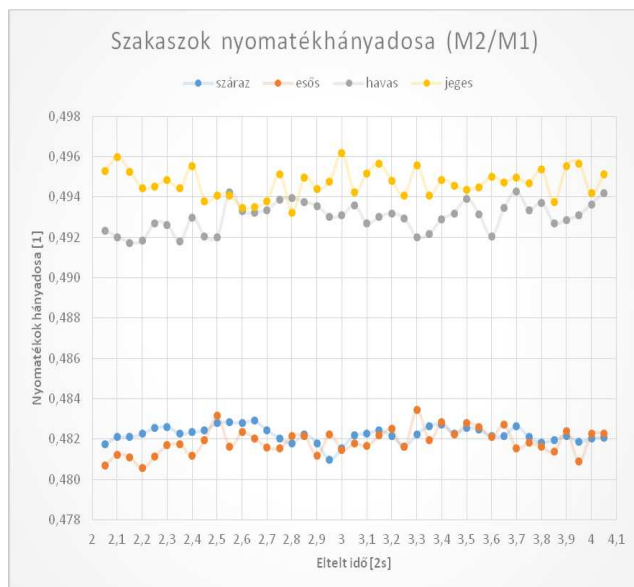
F az erőhatás

$k$  a belső illetve a külső nyúlásmérő bélyeg erőkarja

$$x = \frac{M_b}{\Delta V}$$

Ahol:  $\Delta V$  a(z) 200 vagy 500 vagy 600 N hatására

Minden mért értéket beszoroztunk az x értékével a 2,05-4,05 [2s] intervallumon.  $\Delta V$  értékére mindig negatív számot kaptunk, amelynek oka, hogy a bélyeg nem megnyúlik, hanem zömül.



5. ábra: A nyúlásmérő bélyegeken mért értékek

Ennek segítségével meghatároztuk a nyomatók hányadosok értékét, ezt mutatja az 5. ábra. Jól látható, hogy a jegyes és a havas szimuláció valamint az esős és a száraz

pályákon számított nyomatóki hányadosok közel együtt mozognak.

#### 4 SÚRLÓDÁSI TÉNYEZŐ MEGHATÁROZÁSA

Először a száraz aszfalton mért adatok alapján meghatározott nyomatókhányados  $x=0,481$

$$\begin{aligned} \mu_{sz} &= \frac{4L - x * l - 2l}{2r * x + 4r} \\ &= \frac{4 * 60 - 0,481 * 31,5 - 2 * 31,5}{2 * 265 * 0,481 + 4 * 265} \\ &= \frac{161,8485}{1314,93} = 0,125 \end{aligned}$$

A szappanos főlán mért adatok közül a legnagyobb értéket választottam, mert akkor biztosan a jeges területen volt az autó, így  $x=0,495$

$$\begin{aligned} \mu_j &= \frac{4L - x * l - 2l}{2r * x + 4r} \\ &= \frac{4 * 60 - 0,496 * 31,5 - 2 * 31,5}{2 * 265 * 0,496 + 4 * 265} \\ &= \frac{1681}{13780} = 0,122 \end{aligned}$$

Sajnos az számítási eredmények nem adják vissza a különbséget a két súrlódás között. A nagyon hasonló értékek magyarázata, hogy nem állt rendelkezésemre megfelelő erősítő ahhoz, hogy ennél pontosabb adatokat kapjak. A kísérlet újbóli megismérlésekor már erősítőt is fogok használni.

#### 5 ÖSSZEZÉS

Látható, hogy a súrlódási tényező meghatározható, számítások alapján nagyon közelálló eredményeket kaptunk rá. Épp ezért a kísérleteket meg kell ismételni erősítő segítségével és egy ideálisnak tekinthető, folyamatosan ellenőrzött körülmények között egy műgyanta alapú pályán. Megoldást találunk arra, hogyan mérhetjük meg a súrlódási tényezőt. Vannak még kiküszöbölésre váró kihívások, amelyekre készek vagyok megtalálni a választ. Mindezek mellett tényekkel bizonyítottuk a téma jelentőségét, hogy nagy szerepet tölt be az autóiipar fejlődésének területén, időszerűségével felkeltette a figyelmét az iparban dolgozóknak is.

Az ipari használhatóság végett két megoldást lehetne alkalmazni. Az egyik, hogy egy csőtengely belsejébe szereljük fel a bélyegeket, vagy az agy külső átmérőjére.

A továbbfejlesztésére több ötlet is van már. Ehhez kutatást végeztem a Szellemi Tulajdon Nemzeti Hivatala oldalán a már kiadott szabadalmak ügyében. [5] [6] [7] Akár külön modulként is be lehet építeni, hogy a régebbi autókba is használható lehessen. Kátyúkat is feltérképezni

vele, ami sötétben, vagy nagy viharban hatalmas segítség a sofőrnek. A biztonságot nem csak maga a baleset elkerülése jelenti. Sajnos a kátyúkat nem mindig lehet elkerülni, azonban ha időben jelez a rendszer az autónk életét meghosszabbíthatjuk, ha kisebb sebességgel hajtunk át rajta. GPS jel alapon történő jelátadás. Nem csak magát a sűrűlódási tényezőnek a feltöltése, hanem a kanyarok sugara, a menetemelkedés és az út dőlése is meghatározható lesz, így sokkal pontosabb információkkal tudunk hozzájárulni a közlekedéshez. Ehhez hasonlóan, internetes alkalmazás segítségével, például WAZE, megosztani a többi autóssal az útvonalakat, hogy aki nem rendelkezik vezetést segítő asszisztenssel, annak is elérhetőek legyenek az eredmények. Végezetül a jelenlegi online útvonaltervezők (MioMap, Waze, GoogleMaps.) csak a navigációs adatokat, mint például az átlagsebesség, és a felhasználók kézi adatbevitelét, hol van traffipax, valamilyen akadály az úton, baleset, osztják meg a neten, de a fedélzeti számítógépek adatait, mint pl. az út állapota nem. Szeretnénk, ha a rendszer ezeket az adatokat is megosztaná.

#### KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönöm Bánki Donát Mérnöki Kar Tanárainak, név szerint: Dunavölgyi Dávid, Kerekes Attila, Mucsi András és Nikitser Tamás Tanár Uraknak, akik hol szerelési, hol a mérési akadályokban való útmutatásukkal segítettek, hogy elkészüljön a Dolgozatom.

Szakdolgozatomat támogatta a KESACON Kft., Thyssenkrupp Presta Hungary Kft., Szellemi Tulajdon Nemzeti Hivatala és az Emberi Erőforrások Minisztériuma ÚNKP—17- 1 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programja.

#### IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Péczka Polett-2016/'17 tavaszi Tudományos Diákköri Konferencia-Gépjárművek fékezést segítő rendszereinek fejlesztése az útkerék közötti kapcsolat online vizsgálatával
- [2] Péczka Polett-2017/'18 őszi Tudományos Diákköri Konferencia-Gépjárművek fékezést segítő rendszereinek fejlesztése az útkerék közötti kapcsolat online vizsgálatával
- [3] Enisz Krisztián-2015-Gumiabroncs és útfelület közötti sűrűlódási együttható online becslési módszereinek vizsgálata
- [4] <http://www.merleg-technika.hu/merleg-alkatresz/nyulasmerobelyeg> (2017.11.08. 14:50)
- [5] <https://www.sztnh.gov.hu/hu/mit-jelent/mi-a-szellemitulajdonvedelem-celja> (2017.12.06)
- [7] [https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?adja-cent=true&locale=en\\_EP&FT=D&date=20150528&CC=WO&NR=2015074744A1&KC=A1](https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?adja-cent=true&locale=en_EP&FT=D&date=20150528&CC=WO&NR=2015074744A1&KC=A1) (2017.12.06)
- [8] [https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?adja-cent=true&locale=en\\_EP&FT=D&date=20150429&CC=CN&NR=104554274A&KC=A](https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?adja-cent=true&locale=en_EP&FT=D&date=20150429&CC=CN&NR=104554274A&KC=A) (2017.12.06)
- [9] Strain gages for HIGH/LOW TEMPERATURE & ULTRA SMALL STRAIN - KESACON (2017. 09.16.)

# Könyöksajtolással képlékenyen alakított nagy tisztaságú réz újrakristályosodása

## Recrystallization of severely plastically deformed high purity copper

Andrásfalvy Kristóf Péter, dr. Mucsi András

Bánki Donát Gépész és Biztonságttechnikai kar, Óbudai Egyetem, Budapest, Magyarország  
[a.kristof93@gmail.com](mailto:a.kristof93@gmail.com), [mucsi.andras@bgk.uni-obuda.hu](mailto:mucsi.andras@bgk.uni-obuda.hu)

**Összefoglalás** — Nagytisztaságú réz anyag könyöksajtolását (Equal Channel Angular Pressing, ECAP) végeztük  $-20^{\circ}\text{C}$ ,  $25^{\circ}\text{C}$  és  $70^{\circ}\text{C}$  hőmérsékleteken. Az alkalmazott képlékeny alakító eljárás hatására az anyag mikroszerkezete nagymértékben torzult. Az intenzíven alakított réz minták újrakristályosodását teljesítménykompenzációs differenciális pásztázó kaloriméterrel (DSC), alacsony,  $70^{\circ}\text{C}$  hőmérsékletű klímakamrás hőkezeléssel, valamint  $180^{\circ}\text{C}$ -os kemencés lágyítással vizsgáltuk. A DSC mérések során választott hevítési sebességek 10, 20, 30 és  $40^{\circ}\text{C}/\text{perc}$  voltak, a minták pedig  $50\text{-}400^{\circ}\text{C}$  tartományban lettek hevítve. Az alakítási hőmérsékletek mind hidegalakításra utalnak, de a kísérlet eredményeiből arra következtethetünk, hogy az újrakristályosodás mechanizmusa nagymértékben változhat a  $+25 \pm 45^{\circ}\text{C}$ -os alakítási hőmérséklet tartományban is.

**Kulcsszavak:** réz, ECAP, újrakristályosodás, DSC, hőkezelés

**Abstract** — High purity copper was severely plastically deformed by Equal Channel Angular Pressing at  $-20^{\circ}\text{C}$ ,  $25^{\circ}\text{C}$  and  $70^{\circ}\text{C}$  temperatures. The applied process resulted in an extremely distorted microstructure. Samples taken from the severely deformed copper rods were subjected to Differential Scanning Calorimetry analysis, low temperature annealing in climate test chamber at  $70^{\circ}\text{C}$  and annealing in furnace at  $180^{\circ}\text{C}$ . During the DSC tests the chosen heating speeds were 10, 20, 30 and  $40^{\circ}\text{C}/\text{min}$ , and the samples were heated in  $50\text{-}400^{\circ}\text{C}$  temperature interval. The initially used temperatures during plastic deformation imply cold working conditions yet the experiments show that the recrystallization mechanism can change significantly, even at  $+25 \pm 45^{\circ}\text{C}$  working temperatures.

**Keywords:** copper, ECAP, recrystallization, DSC, heat treatment

### 1 BEVEZETÉS

Az intenzív képlékeny hidegalakító eljárások kiváló eszközei az adott fém szemcseszerkezetének finomítására. Ilyen eljárás a könyöksajtolás is. A képlékeny alakítás következtében az eltorzult mikroszerkezetben megnő a diszlokációsűrűség és az alakításkor beközölt energia egy része eltárolódik az anyagban, ami megfelelő hőmérsékleten, újrakristályosodás esetén felszabadul. A kísérlethez 10 mm átmérőjű nagytisztaságú rézrúdból daraboltunk 60 mm hosszú próbatesteket amelyeket először különböző hőmérsékleteken könyöksajtolunk, majd kemencés, klímakamrás illetve DSC berendezésben

elvégzett lágyítás során elemeztük az újrakristályosodását. A rendelkezésre álló DSC berendezés lehetőséget adott az exotermikus csúcsok, felszabaduló energiamennyiség és hevítési sebesség közötti összefüggések feltárására.

### 2 ANYAG ÉS MÓDSZER

Fémek esetén az anyag abszolút olvadáspontjához képest alacsony hőmérsékleten végzett képlékeny alakítás több területen is megváltoztatja a fémek tulajdonságait. Fizikai tulajdonságait tekintve csökkenhet elektromos-, vagy hővezetőképessége vagy korrózióálló képessége, mechanikai szempontból a szilárdság nő, az alakíthatóság kárára. A tulajdonságbéli változások függenek az alakítás mértékétől és a hőmérséklettől, amelyen az alakítást végzik.

Az alakító erő hatására a szemcsék szerkezete torzul és a nagy mennyiségben létrejövő új vakanciák valamint diszlokációk megnövelik a diszlokációsűrűséget. A magas diszlokációsűrűség miatt a diszlokációk egy idő után egymás mozgását akadályozzák, ez pedig keményedést eredményez, amely nem mindig kívánt állapot, mivel az anyagban törés is létrejöhethet. A torzult kristályrácsban az atomok egymáshoz képest mért távolsága megváltozik, ami energiaszint különbséget eredményez, a változás mértékét pedig az alakítás nagysága határozza meg. A diszlokációk létrejötte és az atomok mozgása miatt a rendszer többletenergiához jut, ez ellentétes a fém céljával, ami a legkisebb energiájú, egyensúlyi állapot fenntartása. Ahhoz, hogy a korábbi állapot visszaállításáért felelős folyamatok elindulhassanak, hőt kell közölnünk a rendszerbe.

Megkülönböztetünk két mechanizmust, amelyek a visszaállításért felelősek. Az első a megújulás, mely során az eltárolt belső energia egy része felszabadul köszönhetően a mozgásba hozott diszlokációknak és megnövekedett diffúciónak. Hevítés során a diszlokációk mozognak, rendeződnek, szemcsén belül új határokat, úgynevezett szubhatárokat hoznak létre. A szubhatárokból további hőközléssel szubszemcsehatárok jönnek létre.

A második az újrakristályosodás és a gyakorlatban is a megújulást követi vagy párhuzamosan zajlik le vele. A megújulás végbe menése után indul meg a csíráképződés, mivel a szemcsék továbbra is relatív magas alakváltozási energia állapotban vannak és a rendszer törekszik az

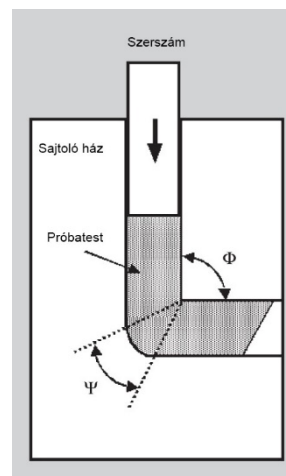
alacsonyabb energiájú, egyensúlyi állapot elérésére. Megfelelően magas hőmérsékleten a korábbi szubszemcsehatárokból új, feszültségmentes, egyforma nagyságú szemcsék alakulnak ki, melyek alacsony diszlokációsűrűséggel és alakítás előtti karakterisztikával rendelkeznek. Az újrakristályosodásnak köszönhetően a fém alakíthatóvá válik, de veszít szilárdságából.

Ahhoz, hogy az újrakristályosodás elkezdődjön az anyagnak megfelelően magas hőmérsékletre van szüksége, ez alatt a folyamat nem megy végbe, ezt nevezzük újrakristályosodási küszöbhőmérsékletnek. Az adott fém olvadáspontjának Kelvinben kifejezett értékének 0,4 része kiadja az általánosított küszöbértéket, valójában azonban a jelenlévő ötvöző vagy szennyező anyagok erősen befolyásolhatják azt. Az újrakristályosodási hőmérséklet fordított arányosságban áll a kritikus alakítási mértékkel, tehát minél alacsonyabb hővel kívánunk újrakristályosodást indítani, annál nagyobb (hideg)alakítást igényel a fém. Az újrakristályosodási hőmérséklet kihatással van az újonnan kialakuló szemcsék átlagos méretére is, minél alacsonyabb a hőmérséklet annál kisebb szemcseméret érhető el, a gyakorlatban pedig legtöbbször a finom szemcseszerkezet a kívánt cél a hőkezelés megfontolásakor. A teljes rekristallizáció utáni hűntartás szemcsedurvulást eredményez, és mivel a nagyobb szemcseméret a szilárdság és szívósság csökkenését eredményezi, az úgy nevezett szekunder újrakristályosodás kerülendő, a hűntartás idejének megválasztására figyelmet kell fordítani.

Az újonnan kialakuló szemcseméret befolyással van az anyag mechanikai és fizikai tulajdonságaira, viselkedésmódjára. Egyértelmű tehát, hogy a kívánt anyagminőség elérése a szemcseszerkezet megtervezésével kezdődhet, mégpedig legtöbbször a szemcseszerkezet nagyfokú finomításával. Az egyik megoldás a finom, vagy újabban „ultra finom szemcseszerkezet” (ultra fine grain, UFG) előállítására az „intenzív képlékeny alakítás” (SPD) elve. Mérnöki szempontból az alakítás módja SPD kategóriájába esik, ha az érintett ömlesztett és szilárd fém magas nyomásnak kitéve méreteiben kiemelkedő mértékben nem változik és képes a szemcseszerkezet jelentős finomítására. A legtöbb ismert nagyfokú képlékeny alakító eljárás kifejtésre került az Acta Metallurgica 1953-as számában, ezen kívül az itt taglalt kísérlethez kötődően Carreker és Hibbard [1] kimutatta, hogy a magas tisztaságú réz folyáshatár értékére nézve nagyon is előnyös a szemcseszerkezet finomodása és ez a pozitív hatás alacsony hőmérsékleteken még inkább érezhető [2]. Akkor nevezhetjük az anyagot UFG szerkezetű anyagnak, ha a polikristályok nagyon kis szemcséjű szerkezetet alkotnak, az átlagos szemcseméret 100-1000 nm közötti tartományba esik, vagy nano SPD alakító technológia (nSPD) alkalmazása esetén 100 nm alatti értéket is felvehet. Tömbi UFG anyagok esetén külön feltétel továbbá a nagyrészt homogén és egyenlő nagyságú mikroszerkezet, ahol a szemcsehatárok jelentős része nagyszögűnek tekinthető.

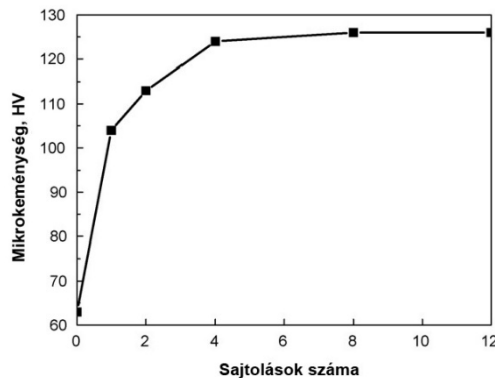
SPD eljárás esetén a szerszámgeometria megakadályozza az anyag szabad folyását így generálva a szükséges hidrosztatikus nyomást, ami elengedhetetlen a

nagyfokú alakváltozás eléréséhez és a sűrű rácshibák kialakulásához, ami nélkül nem következik be a kiemelkedő szemcsefinomodás [3].

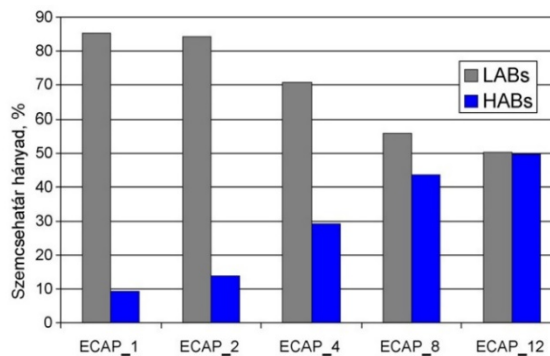


1. ábra: A könyöksajtolási eljárás [3]

Az ECAP (1. ábra), azaz a könyöksajtolási eljárás során egyszerű nyíró alakváltozást szenved el a fém hasáb, ahogy átréselődik az ún. fő nyírási síkon, ahol a két csatorna találkozik [4]. Különböző szögű csatornatalálkozásnál más és más szemcseszerkezet érhető el, ezen kívül többszöri sajtolás esetén hasáb forgatása esetén is módosítani tudjuk a fém mikroszerkezetét és textúráját. A procedura általános laboratóriumi környezetben 10-20mm<sup>2</sup> keresztmetszetű hasábanyagok használatát támogatja [5].



2. ábra: Mikrokeménység változása [6]

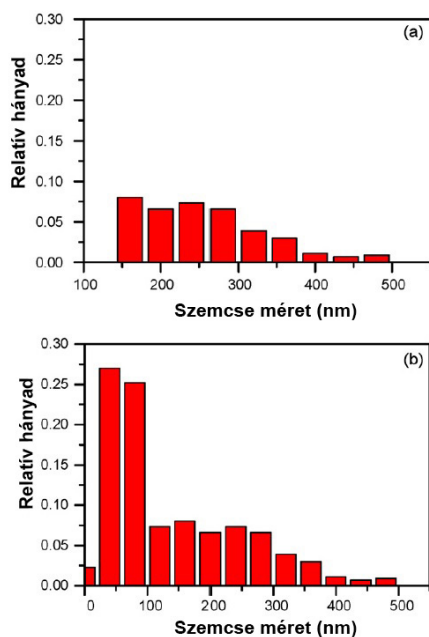


3. ábra: Szemcsehatárok arányának változása [6]

Az alkalmazott nyomások száma jelentősen befolyásolja az anyag mikroeménységét (2. ábra), bár a legnagyobb keménységnövekedést egyértelműen az első alkalom során nyeri el, továbbá módosítja a jellemző szemcsehatár típusok arányait a szerkezetben (3. ábra), valamint a szemcsék méretét (4. ábra). Határok, melyek  $15^\circ$ -nál kisebb elfordulást mutatnak, kisszögű szemcsehatároknak (LAB),  $15^\circ$ -nál nagyobbakat pedig nagyszögű szemcsehatároknak (HAB) nevezzük.

Az ECAP hozzásegít a nagy tisztaságú réz felkeményedéséhez, de sokat veszít az alakíthatóságából. Megoldások az alakíthatóság javítására, a keménység mérsékelt csökkenése mellett különböző hőkezelések lehetnek, többek között alacsony hőmérsékletű lágyítás vagy részleges rekrisztallizáció, amelyek segítségével elérhető a kívánt bimodális mikroszerkezet.

A különböző hőmérsékleten könyocsajtoló réz anyagokból mintát véve feltérképezhetjük az anyag belső szerkezetét, többek között a képlékeny alakítás során bent rekedt energiát, mindezt a termoanalízis segítségével. Ezekre a kérdésekre a pásztázó differenciálkalorimetria adhat választ (DSC). A DSC a dinamikus kaloriméterek csoportjába tartozik. Az említett eszközök ideális megoldást nyújtanak különböző anyagokban lejátszódó hőeffektussal járó folyamatok vizsgálatára. Az eszközökben két mintatartó található. Az egyik, gyakran üresen hagyott, referencia, a másikba pedig a mérendő minta helyezhető. A vizsgálat alatt, hevítésből kifolyólag a két minta hőmérséklete lineárisan növekszik az idővel. A számítógépről vezérelt műszer folyamatosan méri a minták hőmérsékletét, így, ha a mérendő mintában hőelnyelés vagy hőleadás megy végbe, az azonnal láthatóvá válik a grafikonon. A grafikon csúcsaiból következtethetünk az átalakulások jellegére és a vele kapcsolatos paraméterek értékeire [7].



4. ábra: Szemcse méret változása és eloszlása [8]

Megkülönböztetünk két típusú dinamikus kalorimétert, a teljesítménykompenzációs DSC (power compensated Differential Scanning Calorimeter) és hőfluxus DSC (heat flow Differential Scanning Calorimeter) eszközöket. A hőfluxus DSC esetében a kimenőjel a vizsgált-minta és referencia-minta hőmérséklet különbsége, mert azonos energia közlésével hevítik mindkét mintatartót. A teljesítménykompenzációs DSC esetében viszont a két minta mindig ugyanolyan hőmérsékleten van tartva, így nem alakul ki hőmérséklet különbség. Itt az egységnyi idő alatt bevitt hőenergia különbséget méri a berendezés.

Kísérletünk során a nagy tisztaságú vörösréz anyagot különböző hőmérsékleteken könyocsajtoltuk,  $-20^\circ\text{C}$ ,  $+25^\circ\text{C}$  és  $+70^\circ\text{C}$  hőmérsékleten más és más mikroszerkezetű, 60 mm hosszúságú felkeményedett vörösréz rúdanyagokat eredményezve. Az alkalmazott képlékeny alakító ECAP eljárás paraméterei a következők voltak:  $110^\circ$  könyökszög, 10 mm átmérőjű keresztmetszet. A könyocsajtoláskor generált analóg erő-idő diagramokat GetData nevű program segítségével digitalizáltuk. A könyocsajtoló darabokat hagyományos esztergán hosszsztergáltuk és leszúrtuk kb. 5,9 mm átmérőjű 1-2 mm vastagságú pogácsákra. A pogácsákat jelölés és felületiszólás után Vickers keménységtesztnek vetettük alá Zwick 3212 mikroszkópos keménységmérő műszer segítségével.

A különböző hőmérsékleten könyocsajtoló rézrudakból készített pogácsákat DSC mérésnek vetettük alá. A rendelkezésre álló eszköz a PerkinElmer DSC8000 teljesítménykompenzációs kaloriméter volt. A DSC mérések célja a rekrisztallizációs hőmérséklet, átalakulások aktivációs energiája és az átalakuláskor felszabaduló energiamennyiség megállapítása volt. A minták  $50^\circ\text{C}$ -ra előre felfűtött kemencékben  $400^\circ\text{C}$ -ig lettek hevítve 10, 20, 30 és  $40^\circ\text{C}/\text{min}$  fűtési sebességeken,  $100^\circ\text{C}/\text{min}$  végső hűtéssel. A DSC mérések után a Pyris programból exportált adatokat Microsoft Excel és Fejes Gergő Richárd által fejlesztett MatLab szkriptek [9] igénybevételel rendszereztük és ábrázoltuk diagramok segítségével.

A sajtolt rudakból kinyert pogácsákat  $+70^\circ\text{C}$ -os hosszútávú klímakamrás hőkezelésnek és  $180^\circ\text{C}$ -ra fűtött, kemencés lágyításnak is alávetettük. A rendelkezésre álló berendezések Angelantoni SU16T klímakamra és Kalória Hőtechnikai Kft. által gyártott ellenállás fűtésű laborkemence volt.

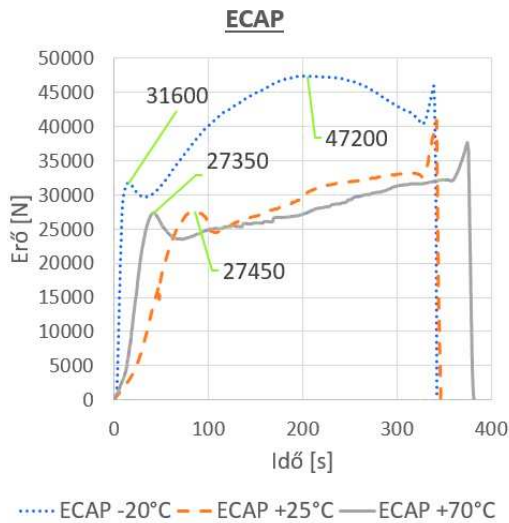
### 3 EREDMÉNYEK

A könyocsajtoló eljárás során analóg erő-diagramot digitalizáltuk. A GetData szoftverrel kijelöltük az origót manuálisan és beállítottuk a szükséges koordináta-rendszert. Ezek után nagy sűrűséggel felvettük a görbe pontjait, hogy pontosan követhessük az eredeti diagramot, majd a pontokat a koordináta rendszerben elhelyezve szöveges fájlba exportáltuk. A pontokból álló adathalmazt Excelben beolvasztattuk, rendszereztük és ábrázoltuk.

Az 5. ábrán látható, hogy jóval nagyobb erőre van szükség az anyag megfolyásához  $-20^\circ\text{C}$ -os alakítási hőmérsékleten. Az erő különbség a  $+25$  és  $+70^\circ\text{C}$ -hoz

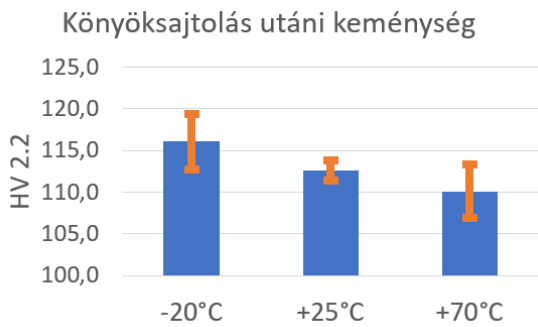


képest közel 4kN. Ezen kívül a sajtoláskor fellépő maximális erő határozottan magasabb a -20°C-os próbatest esetén; 47kN míg a másik kettőre 32-33kN volt jellemző.



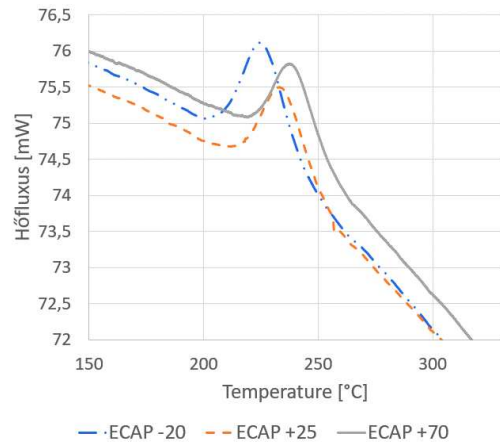
5. ábra: Könyöksajtolás erő-idő diagramja

A sajtolást követően, a kinyert mintákon keménységmérést végeztünk Vickers keménységmérő műszerrel (6. ábra). A legnagyobb keménységet a -20°C-on sajtolt darab érte el, átlagosan 116 HV 2.2 értékkel, a legalacsonyabbat pedig a 70°C-os darab mutatta 110 HV 2.2 értékkel. A 6. ábrán láthatók a mért keménységértékek szórása.



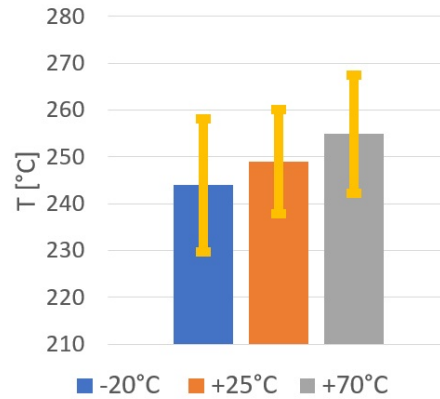
6. ábra: Könyöksajtolt minták keménysége

A hőfluxus – hőmérséklet diagramok adatait PerkinElmer cég Pyris DSC kontrolláló szoftvere generálta, a kapott adatokat pedig Excel segítségével dolgoztuk fel. A hevítési sebességtől függően kategorizált DSC mérések azt mutatják, hogy az alacsonyabb hőmérsékleten könyöksajtolt minták alacsonyabb hőmérsékleten kezdik el az újrakristályosodást és előbb is zajlik le a teljes tárolt hőenergia leadása. A -20°C-os minták az összes esetben vagy elsőként, vagy közel egyszerre kezdik meg az újrakristályosodást a +25°C-on sajtolt mintával. A 7. ábrán láthatók a DSC diagram hőfluxus értékei a különböző hőmérsékleten átsajtolt mintákhoz.



7. ábra: DSC mérés 10°C/perc hevítési sebességgel

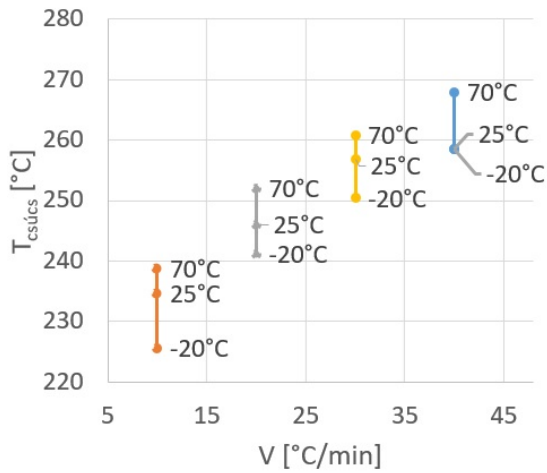
A 8-12. ábrákon látható diagramokhoz szükséges adatokat Fejes Gergő Richárd MatLab szkriptjének segítségével generáltuk, majd Excel segítségével ábrázoltuk őket.



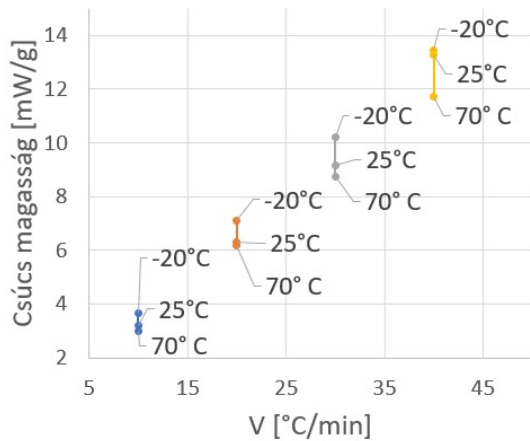
8. ábra: Átlagos csúcshőmérséklet

A csúcshőmérsékleteket átlagoltuk és szórással együtt ábrázoltuk a 8. ábrán. A legalacsonyabb újrakristályosodási hőmérsékleteket a -20°C-on sajtolt darabok képviselték, és bár a három különböző hőmérsékleten sajtolt minták szórása nagyságrendileg megegyezik, érdemes megemlíteni, hogy a -20°C-on sajtolt darabok mutatták a legnagyobb szórást. A csúcshőmérséklet-hevítési sebesség diagramon (9. ábra) jól látható, hogy a hevítési sebesség növelésével együtt növekszik a görbén található csúcsok csúcshőmérséklete, de a különbségek és tartományok egyre zsugorodnak magasabb és magasabb hevítési sebességek esetén, 40°C/perc esetén akár meg is egyezhetnek.

A csúcsmagasság – hevítési sebesség diagram (10. ábra) egyértelművé teszi, hogy magasabb hevítési sebességek alkalmazásakor sokkal hegyesebb csúcsot kapok az energia felszabadulásakor, bár ahogy a 11. ábrán látható, a két attribútum: eltárolt energia és hevítési sebesség között nem egyértelmű az arányosság.

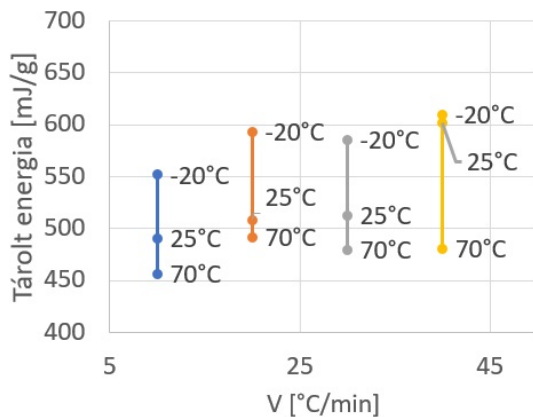


9. ábra: Csúshőmérséklet - hevítési sebesség diagram



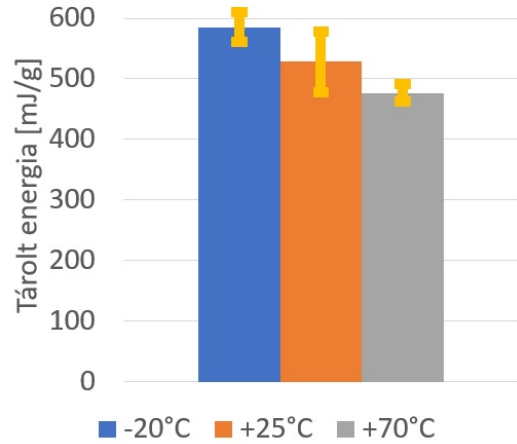
10. ábra: Csúsmagasság - hevítési sebesség diagram

Látható, hogy hevítési sebességtől függetlenül az alacsonyabb hőmérsékleten sajtolt anyag nagyobb mennyiségű energiát tárol el, bár 40°C/min hevítés sebesség alkalmazásakor már elenyésző volt a különbség -20°C és +25°C-on könnyűsajtolt minták felszabaduló energiáinak között.



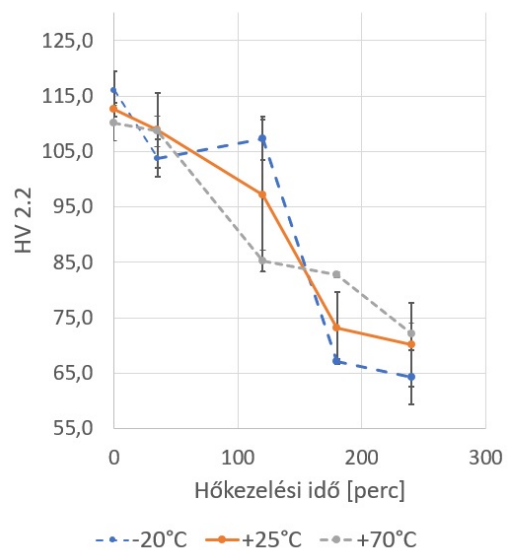
11. ábra: Tárolt energia - hevítési sebesség diagram

A tárolt energia értékeket átlagoltuk és szórással együtt ábrázoltuk a 12. ábrán. A különböző sajtolási hőmérsékletektől függően meglepően nagy eltérést mutatnak a diagramok. A -20°C-on sajtolt darabok a másik kettő típushoz képest mérve 10-22%-kal nagyobb átlagos tárolt energiát mutatnak.



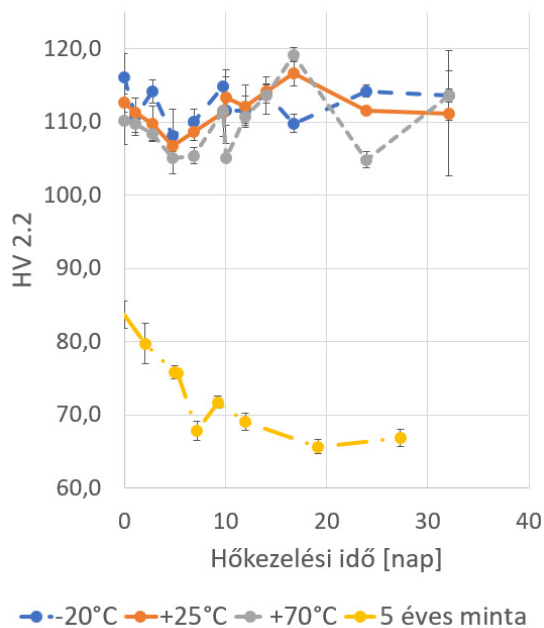
12. ábra: Átlagos tárolt energia

A különböző hőmérsékleteken sajtolt rudakból 1-1 pogácsát 180°C-os hőkezelő kemencébe helyeztünk és rövid időközönként keménységmérést végeztünk. A kapott görbe (13. ábra) nem nevezhető nagy pontosságúnak, mert a használt kemence magas hőmérsékletű hőkezelésekre volt optimalizálva, így a legtöbb esetben a kemence nyitásvisszazárását követően túlfűtött akár 190-191°C-ig és csak 15-20 percet követően állt vissza a kívánt 180°C-os hőmérsékletre. Ennek ellenére jól látható, hogy a hőkezelést elkezdve nagyon hamar lágyulást mutatnak a próbatestek és a -20°C-on könnyűsajtolt darab keménysége jelentősen esik 30 perc után mérve. A +25°C és -20°C-os darabok a legnagyobb változást 2 óra hőkezelési idő után produkálják, HV 97-ről HV 73-ra és HV 107-ről HV 67-re.



13. ábra: ~180°C-os hőkezelés

Mindhárom könnyősajtoló próbatestből kimunkáltunk egy-egy kb. 5,9 mm átmérőjű 1-2 mm vastag mintát, melyeket 70°C-os klímakamrába helyeztünk, és gyakori keménységmérésnek vetettük alá (14. ábra). A negyedik minta egy közel öt éve hidegen hengerelt, szintén nagy tisztaságú réz minta, eredetileg HV 128 keménységgel. Az elmúlt 5 évben szobahőmérsékleten HV 128-ról HV 84-re lágylt. A közel egy hónapos alacsony hőmérsékletű lágylási kísérlet során nem tapasztaltunk jelentős elváltozást a kísérlethez könnyősajtoló minták keménységében, valószínűleg hosszabb időre van szükség az érzékelhető lágylásig.



14. ábra: 70°C-os hőkezelés

#### 4 KÖVETKEZTETÉSEK, ÖSSZEGZÉS

A kísérletünk során könnyősajtoló nagy tisztaságú réz viselkedését vizsgáltuk újrakristályosító hőkezeléssel. A réz rudak 110°-os szerszámmal egyszeri könnyősajtolásnak lettek alávetve, így eredményezve a szükséges torz és kemény mikroszerkezetet. A könnyősajtolást három különböző hőmérsékleten végeztük, -20°C, +25°C és +70°C-on. A kapott felkeményedett rúdanyagokból kinyert, megadott méretre esztergált rézpogácsákat négy különböző hevítési sebességgel DSC mérés közben újrakristályosítottuk és újrakristályosodás során minta hőfelvételét és hőleadását rögzítettük.

Az adatokat a Pyris nevű DSC kontrolláló szoftver rögzítette, melyeket szöveges dokumentumként exportáltuk és Excel, valamint MatLab segítségével elemeztük.

Az eredményül kapott diagramok kiválóan szemléltetik az összefüggéseket. A minták átlagos keménységét tekintve a -20°C-on sajtolt 116±3 HV, a +25°C-on sajtolt 112±1 HV, a 70°C-on sajtolt darabok pedig 110±3 HV keménységet mutattak, így a lehidegebb hőmérsékleteken sajtolt rúd keménysége 3,5-5%-kal magasabb, mint a többi rúdaké. Látszik, hogy a legalacsonyabb (-20°C) hőmérsékleten véghez vitt könnyősajtolás, amely így

legnagyobb mértékben torzult mikroszerkezetet eredményezi, a legkorábban kezdi meg az újrakristályosodást. A 10°C/perc hevítési sebességű DSC adatokat kiemelve 226°C, 234°C és 239°C-on kristályosodtak újra a -20/+25/+70°C-on sajtolt minták, ezek szerint a -20°C-on sajtolt darab 3,5-5,7%-kal alacsonyabb újrakristályosodási hőmérsékletet mutatott. Hevítési sebesség szerint csoportosítva az adatokat, látjuk, hogy magasabb hevítési sebességeknél később kezdődik és zajlik le az újrakristályosodás, valamint magasabb hevítési sebesség alkalmazásakor jelentősen megnövekszik a hőleadáskor megfigyelhető csúcshőmérséklet. Ezen kívül pedig egyértelmű az is, hogy minél alacsonyabb hőmérsékleten végezzük a könnyősajtolási eljárást, annál nagyobb lesz a tárolt energia. Esetünkben a mintákban tárolt energiák különbsége átlagosan 10-22% között volt.


Az átlagos tárolt energiamennyiséget tekintve a -20°C-on sajtolt darab 585±24 mJ/g, a +25°C-on sajtolt 528±50 mJ/g, a +70°C-on sajtolt pedig csak 476±15 mJ/g energiamennyiséget mutatott, ezzel a -20°C-on sajtolt darabok átlagosan 10-22%-kal nagyobb mennyiségű energiát voltak képesek eltárolni.

A 180°C-ra fűtött kemencében a réz minták hamar lágylást mutattak és mindössze 4 óra alatt HV2.2~110-ról HV2.2~70-re csökkent a keménységük.

Az könnyősajtoló, 99,9%-os tisztaságú minták mikrokeménysége nem mutatott jelentős elváltozást a kb. 30 nap hosszú 70°C-os klímakamrában való lágylítás során. Ezzel ellentétben az öt éves, 99,997%-os tisztaságú minta már szobahőmérsékleten nagyfokú lágyláson ment keresztül az öt év alatt és a 70°C-os klímakamrás kezelésre is jól reagált. Meglátásunk szerint a réz próbatestek tisztasága szerepet játszik az újrakristályosodás mechanizmusában, ezért is jelentkezhetett hamar nagymértékű változás a 99,997%-os tisztaságú minták esetében.

Az eredmények arra engednek következtetni, hogy az alakváltozás mechanizmusa különböző az egyes sajtolási hőmérsékletek mellett, a rácshibasűrűség pedig kiemelten nagyobb a -20°C-on történő képlékeny alakításnál, amit a magasabb tárolt energiamennyiségek jeleznek. Továbbá érdemes megjegyezni, hogy a réz abszolút olvadási hőmérsékletét tekintve, az összes alkalmazott alakító hőmérséklet hidegalakító hőmérsékletnek, így hidegalakításnak tekinthető, mégis fontos különbséget tenni az egyes hőmérsékleteken létrehozható mikroszerkezetek között, mert nem csak a diszlokáció sűrűség, valamint a velejárolt energiamennyiség lesz különböző, hanem a keménység és az újrakristályosodási hőmérséklet is.

#### KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

 - A cikk az Emberi Erőforrások Minisztériuma ÚNKP-2017-1-I. kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának támogatásával készült.

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Carreker, R. P., Hibbard, W. R. (1953). Tensile deformation of high-purity copper as a function of temperature, strain rate, and grain size. *Acta Metallurgica*, 1, 656.
- [2] Estrin, Y., & Vinogradov, A. (2013). Extreme grain refinement by severe plastic deformation: A wealth of challenging science. *Acta Materialia*, 61(3), 782-817.
- [3] Valiev, R. Z. & Estrin, Y. & Horita, Z. & Langdon, T. G. & Zehetbauer, M. J. & Zhu, Y. T. (2006). Producing bulk ultrafine-grained materials by severe plastic deformation. *JOM*, 58(4), 33-39.
- [4] Segal, V. M. (1977). USSR Patent No. 575892
- [5] Estrin, Y. & Vinogradov, A. (2013). Extreme grain refinement by severe plastic deformation: A wealth of challenging science. *Acta Materialia*, 61(3), 782-817.
- [6] Molodova, X. & Gottstein, G. & Winning, M & Hellmig, R. J. (2007). Thermal stability of ECAP processed pure copper. *Materials Science and Engineering A*, 460-461, 204-213.
- [7] <http://metal.elte.hu/~groma/publications/kalori.pdf> (2017.03.19)
- [8] Lugo, N. & Llorca, N. & Cabrera, J. M. & Horita, Z. (2008). Microstructures and mechanical properties of pure copper deformed by equal-channel angular pressing and high pressure torsion. *Materials Science and Engineering A*, 477, 366-371.
- [9] Fejes, G. R. (2017). Könyöksajtolt réz próbatetek DSC vizsgálata, TDK dolgozat, ÓE-BGK

# Comparison of the techniques to produce non-dendritic feedstocks for thixoforming

Kawan M. Abdulrahman\* \*\*, Viktor Gonda\*, and Mihály Réger\*

\*Óbuda University, Bánki Faculty of Mechanical and Safety Engineering,  
Népszínház u. 8, 1081 Budapest, Hungary

\*\* Sulaimani Polytechnic University, Technical College of Engineering, Department of Production  
Engineering & Metallurgy, Iraq

[kawan.abdulrahman@bgk.uni-obuda.hu](mailto:kawan.abdulrahman@bgk.uni-obuda.hu), [gonda.viktor@bgk.uni-obuda.hu](mailto:gonda.viktor@bgk.uni-obuda.hu),  
[reger.mihaly@bgk.uni-obuda.hu](mailto:reger.mihaly@bgk.uni-obuda.hu)

**Abstract** — Preparation methods of feedstock billets for thixoforming including Semi-Solid Rheocasting (SSR), Cooling Slope (CS), Magneto-Hydrodynamic stirring (MHD) and Semi-Solid Rheocasting with Cooling Slope (SSR+CS) are studied in this paper. On the base material of aluminum A201, non-dendritic feedstocks for thixoforming were prepared and compared by analysing their microstructures. The main variation between the microstructure provided by these technologies are presented, and a comprehensive review is made of the potential mechanisms that lead to microstructural alterations during the preparation of feedstocks.

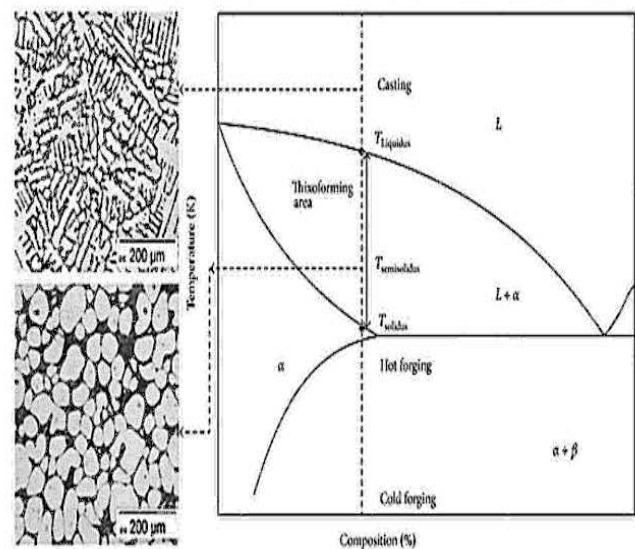
**Keywords:** Semi-solid metal; thixoforming; Semi-Solid Rheocasting; Cooling Slope; Magneto Hydrodynamic stirring; microstructural properties.

## 1 INTRODUCTION

Semisolid metal (SSM) processing, otherwise thixoforming is usually known as a technology that includes the forming of metal alloys between solidus and liquids temperatures. Currently, this process is industrially successful, generating a variety of products with high-quality parts in various industrial sectors. During the years since its inception, a number of technologies to produce the appropriate globular microstructure have been developed and applied worldwide. The success of Semi-Solid Metal (SSM) forming is dependent on a globular solid grain formation within a liquid phase. The microstructure of the starting material must consist of solid near globular grains surrounded by a liquid matrix and a wide solidus-to-liquidus transition area (Fig. 1) [1].

There are four possible methods which are used in this processing consist of Semi-Solid Rheocasting, Cooling Slope, Magneto Hydrodynamic stirring and Semi-Solid Rheocasting with Cooling Slope [1]. Microstructure analysis results also revealed the formation of more globular and larger  $\alpha$ -Al solid grains in the same feedstock billets. The grain size and shape in semi-solid slurries differ irrevocably with time. Growing shear degree breaks down dendrites and the discount in viscosity and shear stress joined with slow cooling results in acceptable and

spheroidal atoms to move past one additional in the liquid matrix [1].



**Figure 1.** Micrographs of dendritic and globular structures in a semisolid alloy [1].

## 2 TECHNOLOGIES FOR PRODUCTION OF NON-DENDRITIC FEEDSTOCK

The feedstock materials could be used in two different techniques that are depending on the route: rheo-route or thixo-route. The slurry used is either a liquid-like slurry or solid-like slurry. The liquid-like slurry has consistently discrete solid particles besides exhibits fluid behaviour below exterior forces. The solid-like slurry requires unified solid phases and proves well-defined yield strength [2] (Fig. 1). Regardless of which route is used, processes need the structure to be non-dendritic or near globular, therefore feedstock production is crucial [2]. The four methods which are used in this processing consist of Semi-Solid Rheocasting, Cooling Slope, Magneto Hydrodynamic and Semi-Solid Rheocasting with Cooling Slope.

### 2.1 Semi-Solid Rheocasting [3]

In Semi-Solid Rheocasting (SSR), raw material is taken which is originally from ingot processes without an intermediate solidification step. The molten metal which is slightly above the liquidus temperature is poured into a steel crucible and then treated to form a globular microstructure. The molten metal is detained above the liquidus temperature and a cold finger (copper or graphite) is presented into the pool.

This rod, being at a much lower temperature than the liquid, comes into interaction with the liquid metal and a temperature incline exists amid the melt and the rod and partial solidification of the melt on the rods surface begins. As a result of the rotating motion of the cold finger, nuclei consequently shaped are sent into the melt, resulting in a globular microstructure of fine grains.

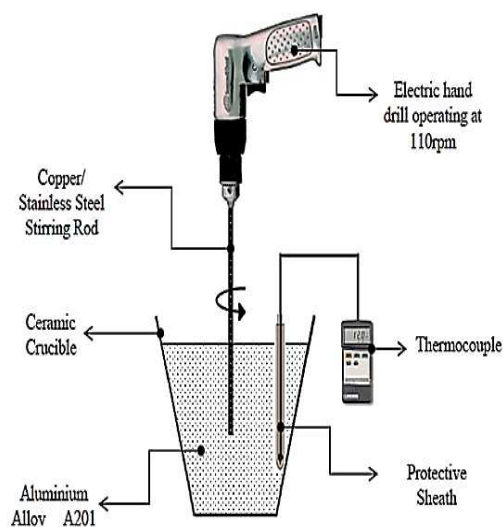


Figure 2. Schematic of Semi-Solid Rheocasting [3].

### 2.2 Magneto Hydrodynamic Stirring Procedure [4]

The Magneto Hydrodynamic (MHD) procedure was initially established by International Telephone and Telegraph (ITT) company in the USA. In MHD way, a dynamic electromagnetic field is applied to the melt to produce high local shear. There are three methods for this technique: horizontal agitation, vertical agitation and helical agitation.

The resulting effect is to produce non-dendritic microstructure slurry which is cast into billets. The billets could be then cut into slugs of the required size, re-heated to the semi-solid state and shaped or cast into the obligatory shape. The rate of solidification could be additionally controlled by coolants about the mould wall.

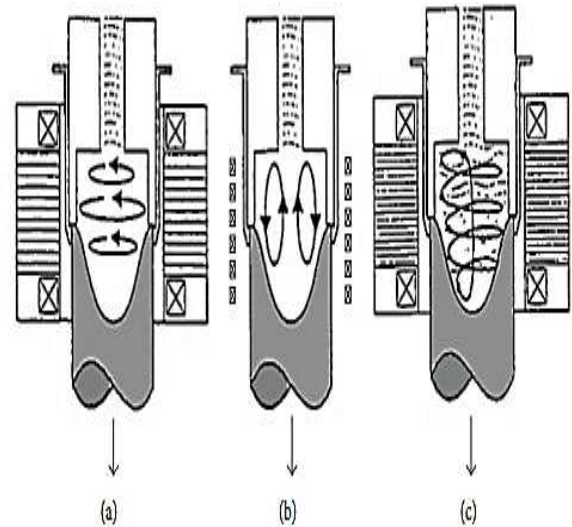


Figure 3. Schematic diagram of dissimilar flow modes: (a) horizontal agitation, (b) vertical agitation and (c) helical agitation [4].

### 2.3 Cooling Slope Technique [4]

The cooling slope was established to overcome the limits of the Magneto hydrodynamic method of not having the obligatory size ingot. It basically consists of a water-cooled plate situated over a mould. Through a cooling slope of 60° incline to the mould, the semi-solid slurry is produced. Also the cooling slope introduces nucleation of granular crystals that are eroded away by the fluid motion. With that a great number of these nuclei are approved by the melt that solidifies in the mould, concisely it is resulting in a globular microstructure.

The mould diameter besides the weight of the molten metal determines the size of the slab. The ingot is formerly heated to the appropriate semi-solid temperature and thixoformed, depending on the type of metal used. The total length of the slope, the correct angle of slope and the cooling system have a direct effect to the solidification of the molten metal that the quantity of superheat. In this process, the cooling rate of the ingot is contingent on the mould material.

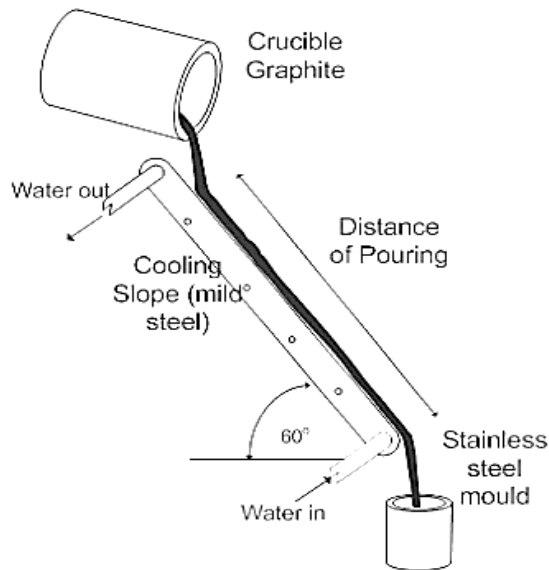


Figure 4. Schematic of cooling slope method [4].

#### 2.4 The Semi-Solid Rheocasting Processes with the Cooling Slope Technique

In the Semi-Solid Rheocasting processes with the Cooling Slope processes, the raw material is heated to molten temperature [4]. The molten material is restless mildly with a thermocouple at the same time as slowly cooling down to Semi-Solid temperature. It is stirred vigorously using rotating rod attached to an electric hand drill for 10 seconds, followed which, the melt is decanted down the Cooling Slope, finally collected at the bottom of the device in a mould and left to cool [4].

### 3 MATERIAL AND PROCEDURES

Aluminium A201 alloy was used as a base material, its chemical composition is shown in Table 1. The (2xx) series aluminium contains copper as the principal alloying element [3]. This alloy has great mechanical properties, machinability, and good formability [5].

Table 1. Chemical composition of Aluminium A201 alloy [3].

| wt%  | Al   | Cu  | Ag   | Mn   | Mg   | Si   | Fe   | Ti   |
|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|
| A201 | Bal. | 4.7 | 0.59 | 0.31 | 0.28 | 0.10 | 0.05 | 0.21 |

It has high strength properties for components especially in military aircraft, impellers for gas turbine engines and arms equipment [5].

Mechanical properties are similar to, and sometimes exceed, those of low-carbon steel. The corrosion resistive properties are suitable for structural mechanisms and fittings [5].

Aluminium alloy A201 is also a good applicant for semi-solid forming requests due to it is varied solidification choice [5]. Feedstock were prepared from the alloy. Samples were prepared for metallographic analysis.

In the microstructural images, the shape factor and grain size were determined to characterize the non-dendritic structure. The shape factor ( $SF$ ) of the grains is measured by:

$$SF = 4\pi \frac{A}{p^2} \quad (1)$$

Where  $A$  is the average area of the grains and  $p$  is the average perimeter of the grains [6].

If  $SF$  approaches 1, then the morphology turns into a spherical shape, and when  $SF$  is below 0.3 the morphology can be considered as dendritic, also when  $SF=0$  the morphology is actual complex [6].

Moreover, the maximum performance in the semisolid creating then the highest mechanical properties were displayed by the structure that was small grain size, the shape factors above (0.6-0.7) then the maximum homogeneous besides globular size of the primary phase [6].

Table 2. Variation of microstructure in standings of shape factor [6].

| No. | Shape Factor (S.F.)    | Classic particle shape |
|-----|------------------------|------------------------|
| 1.  | $SF < 0.3$             |                        |
| 2.  | $0.3 \leq SF \leq 0.5$ |                        |
| 3.  | $SF \leq 1$            |                        |

### 4 RESULTS

#### 4.1 Semi-Solid Rheocasting

The value of the average  $SF$  is about 0.67 and the grain size is about  $47 \mu\text{m}$  (Fig. 5). The  $SF$  values in the Semi-Solid Rheocasting are high caused by the dendrites breaking up through the agitation imposed on the melt by the hand drill.

This value is lesser than that of CS process [7], due to the general metal disturbance time is somewhat lower. The spherical particles are mainly created throughout stirring but the process starts when the stirring rod was dipped in the cooling molten alloy, interfering the nucleation surface and the rotation of the surface sending nucleated sites into the melt, henceforth stopping branch of dendrites developing fully [8, 9].

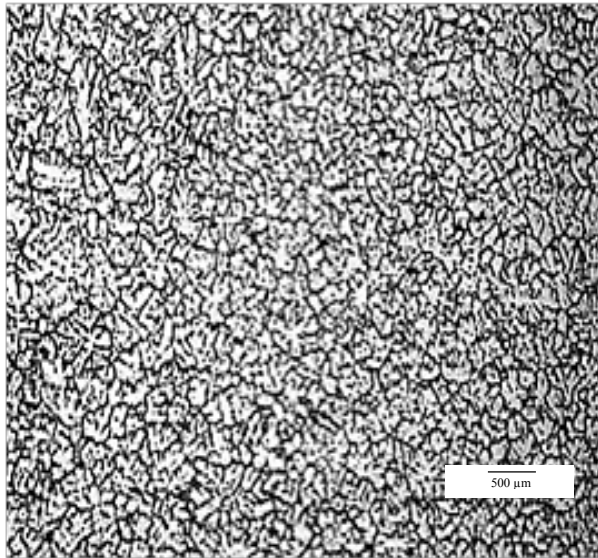


Figure 5. SSR Micrograph

#### 4.2 The Magneto Hydrodynamic Stirring

The *SF* achieved in the Magneto hydrodynamic Stirring is about 0.39 and the grain size is 26 μm. The as-cast MHD sample shown in (Fig. 6) is clearly of dendritic microstructure with well-spaced arms typical of conventionally solidified cast.

The shape factor associated with this structure is not of a suitable size for thixoforming, this could be made better by increasing the holding time [8]. At this circumstance, the interface develops unstable hence formation was more dendritic microstructures [8].

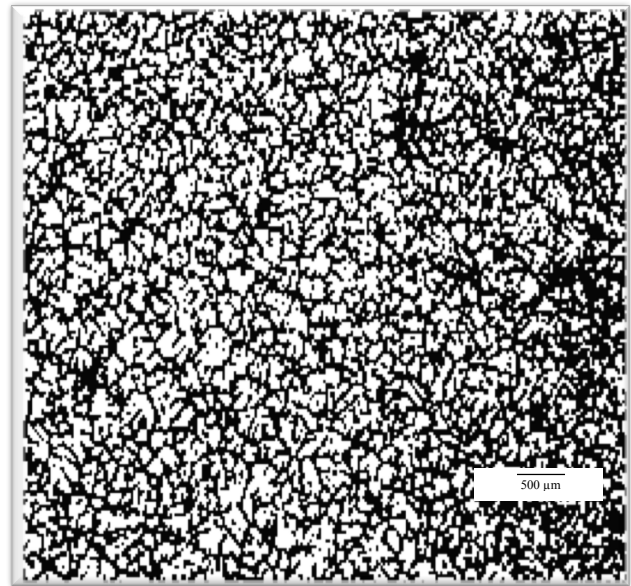


Figure 6. MHD Micrograph

#### 4.3 The Cooling Slope

The Cooling Slope method disrupts the dendrites as they are shaped through the molten metal as it cools flowing down the feed channel [10]. The molten metal in The Cooling Slope method runs down the feed channel for about 8 seconds [10]. Number shape factor could be noted in the result because of the dendrites structure were braked up to became more globular structures when the molten metal runs down the feed channel. The number of shape factor was about 0.7 and the grain size was around 40 μm Table 3 show the structure.

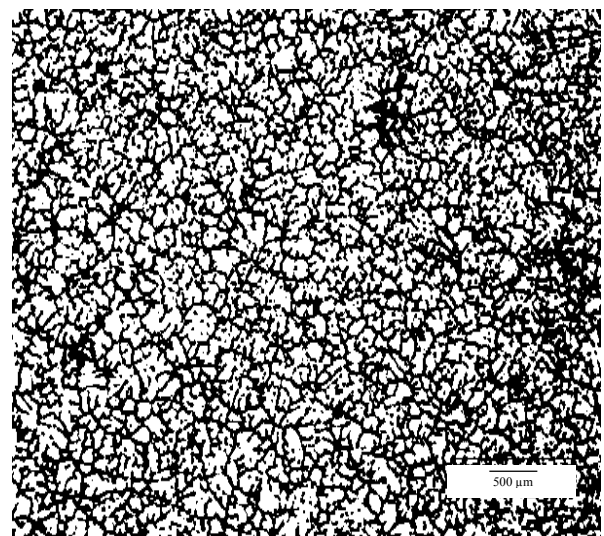


Figure 4. CS Micrograph

#### 4.4 The Semi-Solid Rheocasting with the Cooling Slope

With this process, the overall metal disturbance time is extended, letting more dendrites to be broken up and better



globular structures being formed. The value of the average shape factor is about 0.7 and the grain size  $\sim 38 \mu\text{m}$ ; (Fig. 5) show the structure.

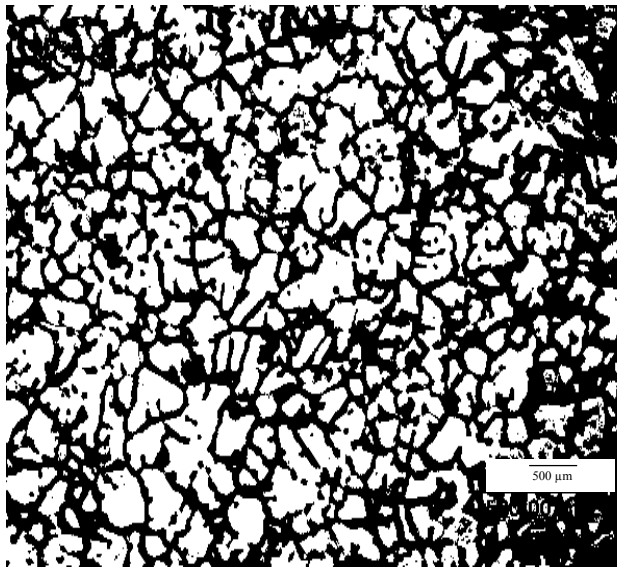


Figure 5. SSR + CS Micrograph

#### REFERENCES

- [1] M. C. Flemings: Behavior of metal alloys in semi-solid state. Aluminum Transactions B, 1991 - Springer.
- [2] R. Canyook, S. Petsut, S. Wisutmethangoon, M. C. Flemings, J. Wannas: Evolution of microstructure in semi-solid slurries of rheocast aluminum alloy.
- [3] Z. Fan: Semisolid Metal Processing. International Materials Review, Vol 47, 2002.
- [4] E.T. Budiman: Aluminum: Effect of Water Cooling on the Production of Al-Si Thixotropic Feedstock by Cooling Slope Casting.
- [5] A. Blanco, Z. Azpilgain, J. Lozares, P. Kapranos, I. Hurtado: Rheological characterization of A201 aluminum alloy.
- [6] T. Witulski: The thixotformability of aluminum alloys. Proceedings of the 5th Int. Semi-solid processing of alloys and composites, Golden, Co. USA, pp. 353-360, 1998.
- [7] E. R. Freitas, E. G. Ferracini, M. Ferrante: Microstructure and rheology of an AA2024 Aluminium Alloy in the Semi-Solid State, and Mechanical Properties of a Back-Extruded Part.
- [8] E. Oberg, F. Jones, H. Horton, H. H. Holbrook: Machinery's Handbook. Industrial Press, 2000.
- [9] P. Kapranos: Course on Semi Solid Metal Processing, Thixoforming Group, University of Sheffield, 1994.
- [10] S. Menargues et al: Simulation of the Semi-Solid Rheocasting process in an Automotive Component, Barcelona, Spain, 2012.

#### 4.5 Microstructure statistic data of Aluminum A201 Alloy billets

Table 3. Solid Fraction and Grain size of variance types of Alloy A201

| No. | Samples  | Shape Factor | Grain Size $\mu\text{m}$ |
|-----|----------|--------------|--------------------------|
| 1.  | CS       | 0.705        | 39.64                    |
| 2.  | MHD      | 0.385        | 25.85                    |
| 3.  | SSR      | 0.670        | 46.95                    |
| 4.  | SSR + CS | 0.735        | 38.32                    |

#### 4 CONCLUSIONS

From this study, the following conclusions can be drawn:

1. There was a clear change in the microstructure of all aluminum feedstocks depending on shape factor and grain size.
2. The nature of final microstructures shaped below Semi-Solid process depends on the shape factor and all feedstock exhibited values that are appropriate for thixoforming.
3. The Semi-Solid Rheocasting feedstock resulted in better microstructures than the other feedstocks because of grain size of around  $46.95 \mu\text{m}$  while the second feedstock Cooling Slope sample was around  $39.64 \mu\text{m}$ .

# Fuzzy logika alapú kockázat értékelő keretrendszer személyre szabhatósága

## Personalization in a fuzzy logic-based risk assessment framework

Tóthné Laufer Edit

Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Budapest, Magyarország  
laufer.edit@bkgk.uni-obuda.hu

**Összefoglalás** — Páciens monitorozás során a személyre szabhatóság elengedhetetlen annak érdekében, hogy reális képet kaphassunk a páciens állapotáról. Ilyen típusú alkalmazásokban a fuzzy logika alapú kiértékelő rendszerek alkalmazása nagy népszerűségnek örvend, hiszen segítségével jól kezelhetők a bemenetek értéktartományainak homályos határai, valamint az adatokban és a kiértékelésben rejlő szubjektivitás. A monitorozás során figyelembe veendő paraméterek számos tényezőtől függenek, mint a személyes jellemzők, személyre szabott orvosi ajánlások, valamint a választott aktivitási forma. Ebben a cikkben a szerző egy olyan fuzzy alapú kockázat értékelő keretrendszert mutat be, amely a fentiek alapján személyre szabható. A rendszerben mind a bemeneti tényezők száma, mind azok normál tartományai a személy adottságainak megfelelően változtathatók, figyelembe véve a korábbi mérésekből készült statisztikákat is.

**Kulcsszavak:** kockázat értékelés; fuzzy; Mamdani-típusú következtetés; páciens monitorozás

**Abstract** — In patient monitoring personalization is indispensable to obtain realistic results. In these kinds of applications fuzzy logic-based inference can be used advantageously due to the blurred boundaries of the input parameters' ranges; and in this way the subjectivity in the data and in the evaluation process can also be handled. The parameters, which should be measured depend on personal characteristics, health status of the person, personalized medical recommendations and on the monitored activity. In this paper the author introduces a fuzzy logic-based risk assessment framework, which uses these personalisation possibilities. In the developed system the number of the input factors, and their limits can be adapted to the person, based on the personal parameters including the statistics based on the previously measured values.

**Keywords:** risk assessment; fuzzy; Mamdani-type inference; patient monitoring

### 1 BEVEZETÉS

Napjainkban a technológiai fejlődésnek és az életmódbeli változásoknak köszönhetően a kutatások népszerű területét képezik a páciens monitorozó rendszerek [1]. Az öregedő népesség problémájából adódóan gyakran idősek felügyeletében használják ki ennek előnyeit [2],[3] hiszen ezek a páciensek gyakran valamilyen krónikus betegségben szenvednek, ennek ellenére egyedül,

felügyelet nélkül töltik napjaikat, így könnyen előállhat egy vészhelyzet, ami az említett rendszerek segítségével elkerülhető. A másik népszerű terület a sport monitorozás [4],[5], hiszen annak ellenére, hogy tudjuk, a sport jóteknony hatással van a szervezetben lezajló folyamatokra, ismert az a tény is, hogy ha nem a képességeink, orvosi ajánlások szerint végezzük a tevékenységet, a túlzásba vitt, nem megfelelő körülmények között történő mozgás, akár veszélyes is lehet. Ezek a vészhelyzetek szintén elkerülhetők egy megfelelő monitorozó rendszer alkalmazásával.

Orvosi vonatkozású rendszerekben, mint például a cikk témájául szolgáló páciens monitorozó rendszerekben, a lágy számítási módszerek előnyösen használhatók [6],[7], hiszen a vizsgált tényezők nehezen számszerűsíthetők, illetve nem adhatók meg éles határok arra vonatkozóan, hogy melyik értéket tekinthetjük normálisnak, és honnantól számítjuk kórosnak. Emellett fontos az is, hogy személyre szabottan vizsgáljunk ezeket az átmeneteket, mivel az orvosi irodalomban található általános értékhatárok nem mindig alkalmazhatók biztonságosan. A páciensre számos tényező hat (beleértve az illető körelőzményét is) és az ezek között fennálló bonyolult kölcsönhatások is nehezen számszerűsíthetők [5]. A személyre szabhatóságot az irodalomban különböző módokon kezelik:

- az értékhatárok definiálása táblázatok, képletek segítségével, melyek a személyes jellemzőkön alapulnak mint az életkor, nem, és a fittségi szint, vagyis az azonos jellemzőkkel bíró páciensek értékeinek összesítésével készül statisztika [5],[8]-[10]
- a tagsági függvény hangolása neuro-fuzzy rendszer segítségével történik, az ismert bemenet-kimenet párok alapján [11],[12].

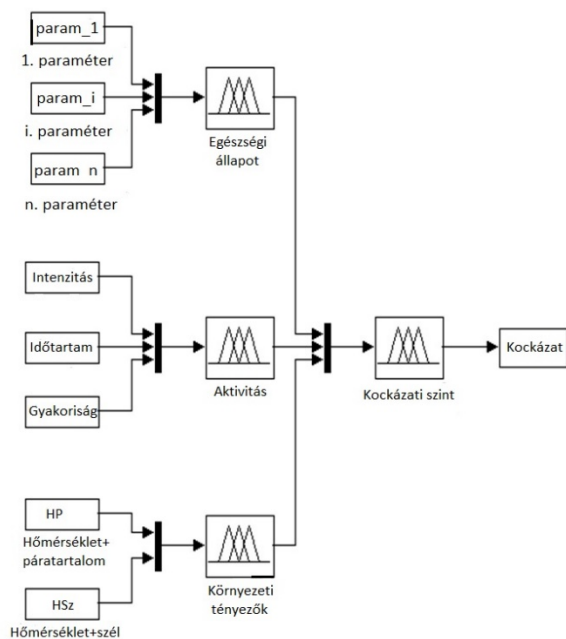
Ebben a cikkben egy olyan fuzzy logika alapú kockázat értékelő keretrendszert mutatok be, amelyben a fuzzy logika alkalmazása biztosítja az értéktartományok közötti finom átmenetet, az alkalmazott tagsági függvények pedig személyre szabhatók. Egy személyes profil szolgál a rendszer alapjául, melyben a páciens adatait tároljuk, beleértve azt is, hogy milyen típusú mozgásokat szokott végezni, milyen tényezőket kell mérnünk az egyes sporttevékenységek során és az orvosi ajánlások, illetve a körelőzmény alapján megadható egy alapértelmezett értékhatár minden egyes tényező esetén. Mivel a korábbi monitorozások során az értékeket rögzítjük, az alapértelmezett tagsági függvények tovább finomíthatók, a

korábbi mérésekből készült statisztikák alapján, így még biztonságosabbá téve a kiértékelést.

A cikk felépítése a következő: A 2. fejezetben az alkalmazott keretrendszert mutatom be, annak alrendszerait és a kiértékelés alapjául szolgáló személyes profilt is ismertetve. A 3. fejezetben a kiértékelés menetét vezetem végig, majd a 4. fejezetben a statisztika alapú tagsági függvény előállítását, valamint ennek alkalmazását mutatom be az alapértelmezett tagsági függvény hangolásában. Végül az 5. fejezetben két esettanulmányon keresztül szemléltetem a módszer alkalmazását. Az eredményeket a 6. fejezetben foglalom össze.

## 2 A KERETRENDSZER FELÉPÍTÉSE

Páciensmonitorozás során valós eredményt csak a személyes jellemzők figyelembe vételével kaphatunk. Egyéni kiértékelésre abban az esetben van lehetőségünk, ha a bemenetek számát, jellegét és azok értékhatárait nem általánosan, mindenkire érvényes módon definiáljuk, hanem páciensenként személyre szabottan. Ebben az esetben nem lehetséges egy minden tekintetben egységes rendszer építése, olyan keretrendszerre van szükség, ahol a fentiek egyénileg szabályozhatók. Minden egyes páciens esetén megadhatók a mérendő tényezők az orvosi ajánlások, a kórelőzmény, illetve a rendelkezésre álló eszközök függvényében. A rendszer rugalmassága a moduláris felépítésnek köszönhető, ahol a kiértékelés során figyelembe vett tényezőket csoportosítjuk jellegük szerint az 1. ábrán látható módon [13].



1. ábra: A keretrendszer felépítése

### 2.1 A kiértékelést végző alrendszerek

A rendszer első csoportjának „Egészségi állapot” bemenetei a fiziológias jellemzők pillanatnyi értékei. A cikk szempontjából ez a legfontosabb alrendszer, hiszen ahogy az ábrán is látható, a bemenetek száma nem rögzített, illetve az sem, hogy pontosan milyen bemenetek szükségesek. Ezeket a páciens személyes jellemzőinek megfelelően a választott mozgásformától függően a

személyes profilban lehet definiálni (azok értékhatáiraival együtt), amelyet később ismertetek részletesen.

A következő alrendszer „Aktivitás” a páciens mozgási szokásainak megfelelő bemenetekkel rendelkezik. Megadható, hogy milyen intenzitással (Intenzitás, 0-100), milyen időtartamban (Időtartam, min) és hetente hányszor (Gyakoriság) végzi a választott tevékenységet.

A „Környezeti tényezők” csoportja kültéri mozgásformák esetén használatos, egyéb esetben a rendszer modularitásának köszönhetően elhagyható. Két bemenetet veszünk figyelembe, mindkettő a hőmérséklet, egy másik tényezővel kombinálva, mivel a páratartalom és a szél hatása is befolyásolja a hőérzetet, így ezeket együtt kell figyelembe venni a kiértékeléskor [13].

A moduláris felépítés következtében a rendszer könnyebben áttekinthető, könnyen bővíthető, az egyes alrendszerek a körülményeknek megfelelően egymástól függetlenül módosíthatók, illetve szükség esetén elhagyhatók. Fentiek szintén hozzájárulnak a személyre szabhatósághoz, hiszen a páciens állapotában bekövetkezett esetleges változásokhoz is könnyen alkalmazkodik a rendszer

### 2.2 A személyes profil

Az első csoportnál alkalmazott személyes profil az azonosíthatóság, illetve az alapállapot beállítása érdekében tartalmazza a páciens alapvető személyes adatait. Később az azonosítás a TAJ szám alapján történik, mivel ez mindenképpen egyéni. Ezen kívül itt adjuk meg a lehetséges mozgásformákat, amelyek során monitorozás várható a későbbiekben (1. táblázat). A személyes profil alapállapotban a szívfrekvencia és a vérnyomás értékeket tekinti bemenetnek és azok kiértékelésekor a szakirodalmi értékeket veszi figyelembe, ha nem áll rendelkezésre orvosi javaslat, illetve kórelőzmény. A rendszer jelentősége azonban éppen abban rejlik, hogy ezek az értékek személyre szabhatók. Megadható, hogy az egyes mozgásformák esetén milyen fiziológias jellemzőket szeretnénk mérni, ezek száma különböző is lehet, akár ugyanazon páciens esetében is, ha ezt a mozgásforma indokolja. Például intenzív mozgás közben a vérnyomásmérés nem szerencsés. Az egyes tényezőkhöz tartozó antecedensek száma és neve általánosan adott, hiszen az, hogy milyen kategóriákat vizsgálunk (pl. alacsony, normál, emelkedett tartomány), nem függ az egyéni jellemzőktől (2. táblázat), ezek értékhatárai azonban szintén egyénileg megadhatók nem csak páciens, hanem sport-specifikusan is definiálhatók, mivel a választott tevékenység befolyásolja a normálisnak tekinthető értéktartományt (3. táblázat).

1. táblázat: A felhasználóhoz kötődő jellemzők

| Reláció      | Attribútumok  |
|--------------|---|
| Felhasználók | TAJ, név, cím, születési dátum, nem, magasság, testsúly |
| Sportok      | TAJ, sport  |

2. táblázat: A vizsgált paraméterhez kötődő jellemzők

| Reláció            | Attribútumok  |
|--------------------|---------------|
| Antecedensek száma | param, MFszám |
| Antecedens név     | param, MFnév  |

3. táblázat: A személyre szabott függvényhangoláshoz kötődő jellemzők

| Reláció            | Attribútumok   |
|--------------------|--|
| Monitorozott_param | TAJ, sport, param                                      |
| Param_határártékek | TAJ, MFnév, határártékek, sport                        |
| Szabályok          | param <sub>1</sub> , ..., param <sub>n</sub> , kimenet |

A páciens állapotában bekövetkezett bármilyen változás esetén a személyes profilban szereplő adatokat, különös tekintettel a személyes függvényhangolás alapjául szolgáló értékekre, minden esetben frissíteni kell [13]. A még megbízhatóbb kiértékelés érdekében az orvosi ajánlásokon kívül, az illető korábbi mérési eredményeit is figyelembe tudja venni a rendszer, ennek megfelelően módosíthatók az értékhatárok tovább finomítva a kiértékelést. Ezt részletesen a 4. fejezetben ismertetem.

### 3 A KIÉRTÉKELÉS LÉPÉSEI

#### 3.1 A Mamdani típusú következtetési rendszer

A kiértékelés során fuzzy következtetési rendszert alkalmaztam, mivel olyan bemeneteket kell kezelni, amelyeknél nem adható meg éles határ, nem mondható meg pontosan, hogy milyen érték az, ami még normálisnak tekinthető és mi az, ami már rossz. Az átmenet fokozatosan történik a két tartomány között, ami fuzzy tagsági függvények segítségével jól definiálható. Ebben az esetben a karakterisztikus függvény általánosítását alkalmazzuk. Nem azt mondjuk meg, hogy az adott érték a halmazhoz tartozik-e, hanem egy  $[0,1]$  tartománybeli értékkel jellemezzük, hogy milyen mértékben tartozik a halmazhoz. A kiértékelés során Mamdani-típusú következtetési rendszert alkalmaztam, amelyben *HA feltétel AKKOR következmény* típusú természetes nyelvi szabályokat alkalmazunk. Legyen  $x_1, x_2, \dots, x_n$  bemeneti paraméterek rendre az  $X_1, X_2, \dots, X_n$  univerzumból valók a kimenet pedig  $y \in Y$  ekkor a következtetési rendszer szabályai a következő alakban írhatók fel [14]:

*IF  $x_1$  is  $A_{1,i_1}$  and ... and  $x_n$  is  $A_{n,i_n}$  THEN  $y$  is  $B_{i_1, \dots, i_n}$*

ahol  $A_{k,i_k}$  a  $k$ -adik bemenethez tartozó  $i_k$ -edik antecedens halmaz,  $B_{i_1, \dots, i_n}$  a szabályok konzekvens részéhez tartozó fuzzy halmaz,  $i_j = 1, \dots, n_j$ , és  $n_j$  a  $j$ -edik bemenethez tartozó antecedens halmazok száma. A szabálypremisszák a bemenetek összes lehetséges kombinációjából állnak elő. Az alapértelmezett tagsági függvények trapéz alakúak (1) mind a bemenetek, mind a kimenetek esetén.

$$A_i(x) = \begin{cases} 0 & x < a_i \\ \frac{x - a_i}{b_i - a_i} & a_i \leq x \leq b_i \\ 1 & b_i \leq x \leq c_i \\ \frac{d_i - x}{d_i - c_i} & c_i \leq x \leq d_i \\ 0 & d_i \leq x \end{cases} \quad (1)$$

ahol  $a_i, b_i, c_i, d_i$  a tagsági függvény paraméterek, feltéve, hogy  $a_i \neq b_i$  és  $c_i \neq d_i$ . A tagsági függvények hangolása a paraméterek változtatásával történik.

#### 3.2 A kiértékelés folyamata

Az itt bemutatásra kerülő lépések a minden egyes alrendszer esetén azonosak a kiértékelés során, a rendszer

modularitásának köszönhetően mindegyik alrendszerben egymástól függetlenül végrehajthatók, majd ezek eredményéből számítható az összegzett kockázati szint. A kiértékelés előtt a személyes profilt aktualizálni, illetve az első használat előtt inicializálni kell, hogy meghatározhatók legyenek a vizsgálandó bemenetek, illetve a mért tényezők értékhatárai.

##### 3.2.1 Fuzzifikálás

A kiértékelés első lépése a bemeneti értékek fuzzifikálása, ami ebben a rendszerben trapéz alakú tagsági függvények alkalmazásával, (1) által definiált módon történik, a személyes profilban rögzített határártékek segítségével meghatározva a függvényparamétereket (3. táblázat). Ebben a lépésben határozzuk meg az érték tartományokhoz rendelt halmazhoz tartozás mértékét minden egyes bemenetre külön-külön.

##### 3.2.2 Tüzelési szint meghatározása

Az azonos szabálypremisszában szereplő, az előző lépésben kapott fuzzifikált értékek összesítése történik ebben a lépésben valamilyen konjunkciós operátor segítségével. A rendszerben a szorzat operátort alkalmaztam (2) [15].

$$w_i = \prod_{j=1}^m \mu_j(x) \quad (2)$$

ahol  $m$  az adott szabálypremisszában szereplő bemenetek száma.

##### 3.2.3 Mamdani-implikáció

A kapott tüzelési szint és a szabályok konzekvens részei alapján számítható a Mamdani-implikáció eredménye, ahol ismét a szorzat operátort alkalmaztam (3). Itt kapjuk meg azt, hogy az adott szabálykimenet milyen mértékben vesz részt a végső eredményben [15].

$$y_{Y_i} = w_i \mu_{Y_i} \quad (3)$$

##### 3.2.4 Defuzzifikáció

A hagyományos Mamdani-típusú következtetés esetén az aggregáció lépése következne, de korábban bizonyítottam, hogy az alkalmazott operátorok esetén ezek sorrendje felcserélhető, ezáltal csökkentve a kiértékelés számítási bonyolultságát [16]. A defuzzifikáció lépését minden egyes szabálykimenet esetén külön kell alkalmazni. Ebben a lépésben a kapott fuzzy halmazt reprezentáló egyetlen értéket kell meghatározni szabályonként annak érdekében, hogy a rendszer kimenete diszkrét legyen. A rendszerben a súlyközpont (COG) módszert alkalmaztam (4) [15].

$$f_i = \frac{\int_{\text{supp} \mu_{D_i}} \mu_{D_i}(y) y dy}{\int_{\text{supp} \mu_{D_i}} \mu_{D_i}(y) dy} \quad (4)$$

##### 3.2.5 Aggregáció

Utolsó lépésként a szabályonként kapott kimeneteket aggregálni kell, hogy egyetlen  $[0,1]$  intervallumbeli kockázati szintet kapjunk kimenetként (5) [15].

$$O = \sum_{i=1}^n \overline{w}_i f_i = \frac{\sum_{i=1}^n w_i f_i}{\sum_{i=1}^n w_i} \quad (5)$$

#### 4 STATISZTIKÁK ÁLTAL HANGOLT TAGSÁGI FÜGGVÉNYEK

A fenti kiértékelési folyamat első lépésében egy, az orvosi javaslatok alapján hangolt tagsági függvényt alkalmazhatunk, ami már lehetővé teszi a felhasználó-

specifikus kiértékelést. Azonban további lehetőséget ad, hogy a mért értékeket is tárolni tudjuk az adatbázisban és ennek segítségével nyomon követhető a páciens állapotában bekövetkezett változás. Ez nem csak az orvos, illetve maga a páciens számára lehet egy fontos visszajelzés, hanem a kiértékelés is tovább finomítható a segítségével, hiszen ez alapján megismerhetjük a páciens reakcióit és ezt figyelembe vehetjük a kiértékeléskor alkalmazott tagsági függvények hangolásakor. Mivel a hangolás a valós idejű monitorozás előtt történik, a kiértékelés számítási bonyolultságát nem befolyásolja.

#### 4.1 A hisztogram alapú tagsági függvény előállítás

A függvény hangolásakor fontos, hogy az azonos körülmények között mért korábbi értékeket vegyük alapul, vagyis az azonos időtartam, mintavételezési gyakoriság, nyugalmi szívfrekvencia ( $HR_{ny}$ ), maximális szívfrekvencia ( $HR_{max}$ ), illetve a szisztolés vérnyomás nyugalmi értéke ( $SBP_{ny}$ ). Természetesen az itt felsorolt értékek annak függvényében változhatnak, hogy milyen bemeneteket vizsgálunk. Amennyiben találunk olyan korábbi méréseket, ahol a körülmények azonosak, ezekből az értékekből egy hisztogramot készítünk. Az így kapott értékekre egy szakaszonként lineáris tagsági függvényt illesztünk, melynek szuprémuma a hisztogram maximális értéke. A számítás alapja a két ponton átmenő egyenes egyenlete (6), ahol  $x_0, y_0, x_1, y_1$  a két pont  $P(x_0, y_0)$  és  $Q(x_1, y_1)$  koordinátái és  $x, y$  meghatározandó pont koordinátái.

$$y = y_0 + \frac{y_0 - y_1}{x_0 - x_1} (x - x_0) \quad (6)$$

A tagsági értékeknek azonban az univerzumban kell maradniuk, ezért az így kapott függvényt normalizálni kell olyan módon, hogy a függvény maximumához az 1 értéket rendeljük, a többi értéket pedig (7) segítségével számoljuk.

$$\mu_P = \begin{cases} 1 & y_k = \max(h) \\ \mu_{j_0} + \frac{\mu_{j_0} - \mu_{j_1}}{x_{j_0} - x_{j_1}} (x - x_{j_0}) & \text{különben} \end{cases} \quad (7)$$

ahol  $\max(h) = \{x | h(x) = \sup(h(x))\}$ , a hisztogramból kapott érték  $\mu_{j_i} = y_k / \max(h)$ ,  $i = \{0, 1\}$ ,  $y_k$  pedig a  $k$ -adik intervallumhoz tartozó hisztogram értéket jelöli [17].

#### 4.2 A bemeneti tagsági függvény hangolása a hisztogram alapú tagsági függvény alapján

Mint korábban említettem, az orvosi ajánlások által hangolt tagsági függvény szolgál abban az esetben is, amikor figyelembe vesszük a korábbi statisztikákat. Ezt a függvényt finomítja tovább a korábbi méréseken alapuló hisztogram alapú tagsági függvény. A függvények aggregálása (8),(9) segítségével történik arra a függvényre vonatkozóan, melynek értéktartománya fedésben van a hisztogram alapú függvénnyel. Abban az esetben, ha az orvosi ajánlások alapján jól hangolt alap függvények állnak rendelkezésünkre, ez a függvény a normál tartomány tagsági függvénye lesz. Az aggregálás során tulajdonképpen az a feladatunk, hogy meghatározzunk egy olyan tagsági függvényt, ami a két eredeti függvény egymás felé való eltolásából adódik.

$$\mu_s(x) = \begin{cases} \mu(x_s + (x_e - x_s)/2) & \text{ha } f_1 \\ 1 & \text{ha } f_2 \\ 0 & \text{különben} \end{cases} \quad (8)$$

ahol  $x_e, x_s$  és  $x, x_e, x_s, x \in X$  az értelmezési tartomány azon pontjait adja meg rendre, ahol az alapul szolgáló (orvosi ajánlás alapján hangolt), a hisztogram alapú és az aggregált

tagsági függvény értéke megegyezik, vagyis  $\mu_{A_i}(x_e) = \mu_P(x_s) = \mu_s(x)$ .

$$f_1: \frac{a_{A_i} + a_P}{2} < x < \frac{b_{A_i} + b_P}{2} \text{ vagy } \frac{c_{A_i} + c_P}{2} < x < \frac{d_{A_i} + d_P}{2} \quad (9)$$

$$f_2: \frac{b_{A_i} + b_P}{2} \leq x \leq \frac{c_{A_i} + c_P}{2} \quad (10)$$

ahol a hangolt és a hisztogram alapú tagsági függvények paramétereire rendre a következők teljesülnek:

$$a_{A_i} = x_{j_{A_i}} = 0, a_P = x_{j_P} = 0 \text{ és } x_{j+1_{A_i}} > 0, x_{j+1_P} > 0$$

$$b_{A_i} = x_{j_{A_i}} = 1, b_P = x_{j_P} = 1 \text{ és } x_{j-1_{A_i}} < 1, x_{j-1_P} < 1$$

$$c_{A_i} = x_{j_{A_i}} = 1, c_P = x_{j_P} = 1 \text{ és } x_{j+1_{A_i}} < 1, x_{j+1_P} < 1$$

$$d_{A_i} = x_{j_{A_i}} = 0, d_P = x_{j_P} = 0 \text{ és } x_{j-1_{A_i}} > 0, x_{j-1_P} > 0$$

Az így kapott aggregált tagsági függvény már nem biztos, hogy trapéz alakú lesz, mint az eredeti, hiszen a hisztogram alapú tagsági függvény előállításakor is ettől eltérő alakú, szakaszonként lineáris függvényt kapunk. A bementi érték kockázatának leírására szolgáló tagsági függvényeknek az aggregáció után is le kell fedniük a teljes értelmezési tartományt, ennek érdekében szükség van a szomszédos tagsági függvény(ek) értékeinek módosítására is. Ennek a feltételnek biztosan eleget tesznek a függvények, ha meghatározásuk során figyelembe vesszük, hogy Ruspini-partíciót kell alkotniuk, vagyis teljesíteniük kell a következő feltételeket [18]:

1. Összeg normalizálás:  $\sum_{i=1}^n \mu_i(x) = 1$
2. Nem-negativitás:  $\mu_i(x) \geq 0, i = 1, 2, \dots, n, \forall x \in X$

Ekkor a szomszédos tagsági függvény(ek) (11),(12) segítségével határozhatók meg [17].

$$\mu_{bal}(x) = \begin{cases} 1 - \mu_s(x) & \text{ha } c_{A_{i-1}} \leq x \leq d_{A_{i-1}} \\ \mu_{A_{i-1}}(x) & \text{különben} \end{cases} \quad (11)$$

ahol  $c_{A_{i-1}}$  és  $d_{A_{i-1}}$  a baloldali szomszédos függvény paramétere.

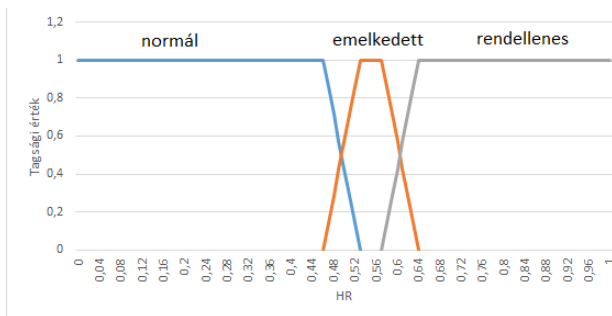
$$\mu_{jobb}(x) = \begin{cases} 1 - \mu_s(x) & \text{ha } a_{A_{i+1}} \leq x \leq b_{A_{i+1}} \\ \mu_{A_{i+1}}(x) & \text{különben} \end{cases} \quad (12)$$

ahol  $a_{A_{i+1}}$  és  $b_{A_{i+1}}$  a jobboldali szomszédos függvény paramétere. Abban az esetben, ha  $\mu_s$  valamelyik szélső függvény, értelemszerűen csak egy szomszédja van, így csak őt kell módosítani.

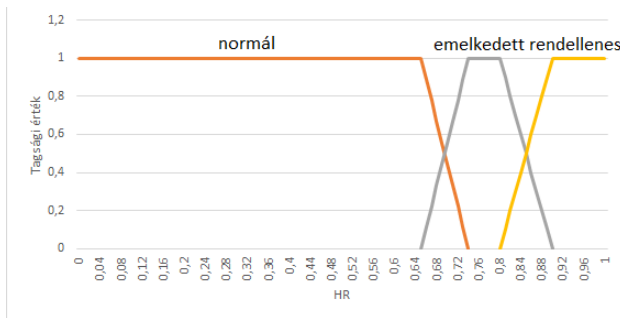
Statisztika alapú függvény hangolás esetén az adott bemenethez tartozó érték fuzziifikálása során az így kapott tagsági függvényeket (8),(11),(12) alkalmazzuk, az eredeti, trapéz alakú függvényt leíró képlet helyett (1). A kiértékelés további lépései változatlanok.

## 5 ESETTANULMÁNY

Ebben a fejezetben a fentiekben ismertetett módszer alkalmazhatóságát két esettanulmányon keresztül mutatom meg. Az esettanulmányban egy 37 éves, rehabilitáció alatt álló nő, illetve egy 23 éves, prevencióss céllal sportoló férfi személyes profilját vesszük alapul. A szívfrekvencia értékek vizsgálatokor kiindulásként használt tagsági függvényeket a 2.a és 2.b ábrák szemléltetik.

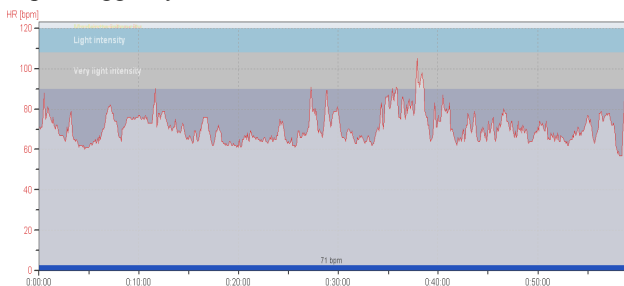


2.a ábra: 37 éves nő szívfrekvencia-érték tartományai

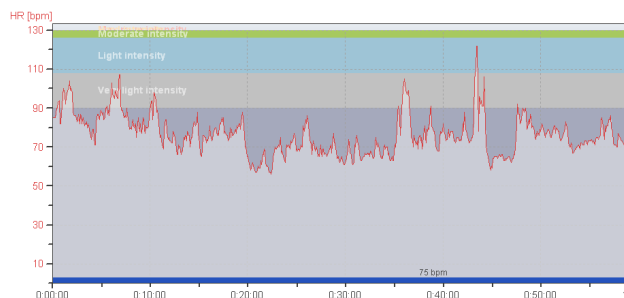


2.b ábra: 23 éves férfi szívfrekvencia-érték tartományai

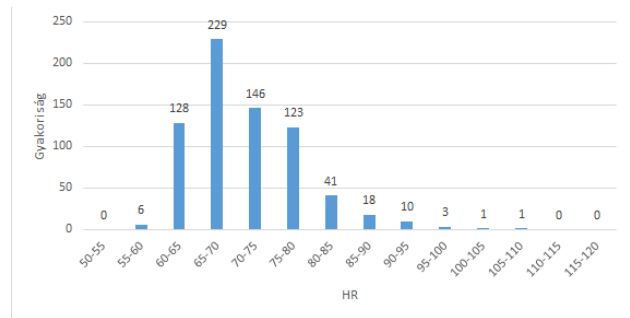
A fenti tagsági függvények további finomítása érdekében figyelembe vettem a korábban azonos körülmények között történt mérések alapján készült statisztikákat is. A figyelembe vett tényezők a hölgy páciens esetén:  $HR_{rest}=70bpm$   $HR_{max}=180bpm$ ,  $Weight=55kg$ ; a férfi páciens esetén  $HR_{rest}=55bpm$   $HR_{max}=200bpm$ ,  $Weight=69kg$ , az edzés időtartama mindkét esetben 1 óra, a mintavételezési gyakoriság pedig 5s. Az így rögzített értékek a 3.a,b ábrákon láthatók, melyekből a 4.a,b ábrákon bemutatott hisztogramokat készítettem, majd a hisztogram alapján (6)-(7) felhasználásával előállítható az a tagsági függvény, ami a személyes profilban megadott értékhatárok finomítására szolgál. A szívfrekvencia értékek a vízszintes tengelyről olvashatók le a maximális érték százalékában. Az így kapott függvényt az 5.a,b ábra szemlélteti.



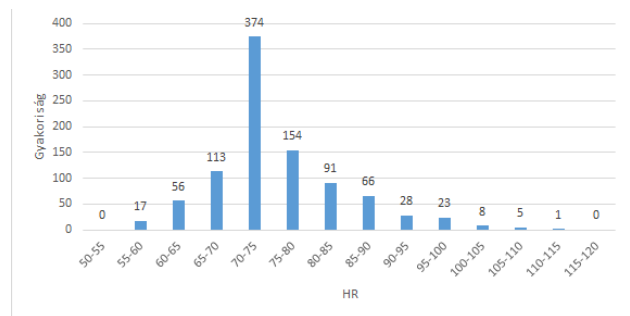
3.a ábra: A mért szívfrekvencia értékek (37 éves nő)



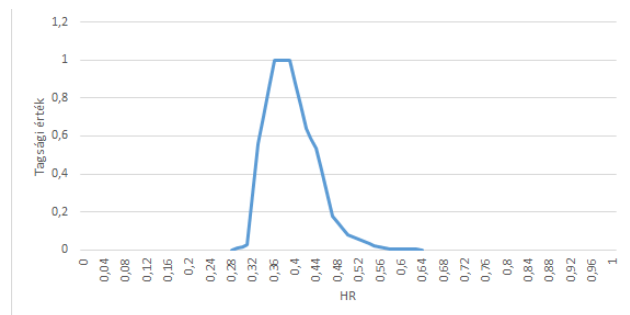
3.b ábra: A mért szívfrekvencia értékek (23 éves férfi)



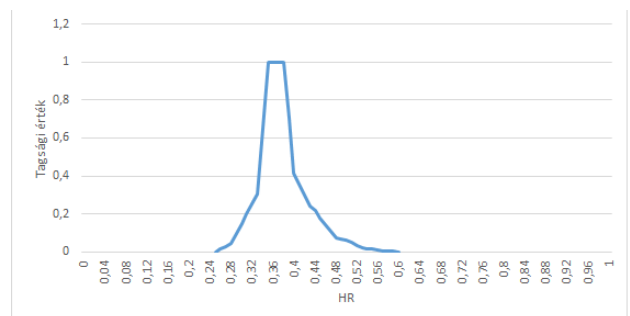
4.a ábra: Szívfrekvencia hisztogram (37 éves nő)



4.b ábra: Szívfrekvencia hisztogram (23 éves férfi)

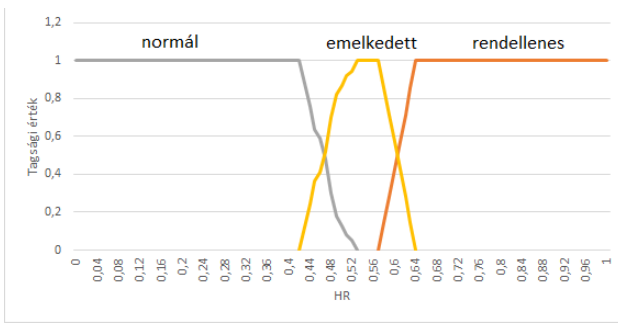


5.a ábra: A hisztogramra illesztett tagsági függvény (37 éves nő)

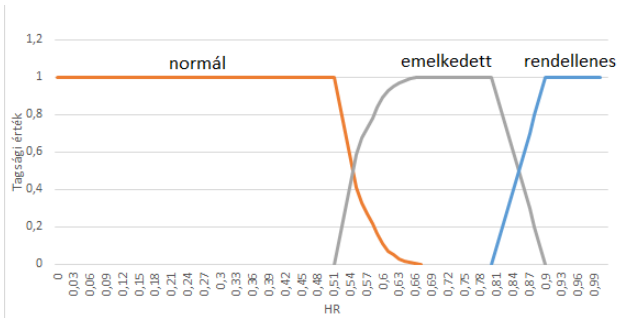


5.b ábra: A hisztogramra illesztett tagsági függvény (23 éves férfi)

Ezt követően a személyes profilban rögzített alapfüggvényeket és a hisztogram alapú tagsági függvényt aggregáltam. Az ábrákon látható, hogy a statisztikák alapján kapott függvény értelmezési tartománya az eredeti függvények közül a normál értékeket képviselő függvénnyel van fedésben, így rájuk alkalmazva (8)-(11) képleteket, majd a jobboldali szomszédos függvényre (12) által meghatározott összefüggést, a 6.a,b ábrán látható tagsági függvényeket kapjuk.



6.a ábra: A statisztikák figyelembevételével hangolt tartományok (37 éves nő)



6.b ábra: A statisztikák figyelembevételével hangolt tartományok (23 éves férfi)

A 2.a,b és 6.a,b ábrákat összehasonlítva azonnal látható, hogy a normál, és ennek következtében ez emelkedett tartomány értékhatárai balra tolódnak, vagyis előbb tekintünk egy szívfrekvencia értéket emelkedettnek, mint az alapfüggvény esetén, ezáltal még biztonságosabbá téve a kockázat becslését. A 4.a,b táblázatokban néhány konkrét érték esetén is láthatjuk az eredeti és a módosított tagsági függvények hatását. A táblázat első oszlopában a mért érték szerepel bpm-ben, a második oszlopban pedig ennek százalékos értéke a maximális pulzusszámhoz viszonyítva ( $HR_{max}$ ), ezután rendre a módosítás során érintett tagsági függvények által meghatározott fuzziifikált értéket látjuk először az eredeti (orvosi ajánlás alapján hangolt), majd a statisztika alapú (hisztogram alapján eltol) tagsági függvényekre. A módosított tagsági függvényekből látható, hogy a kritikus tartomány a 37 éves hölgy páciens esetén a 0,42-0,46 közötti tartomány (76-83bpm), a 23 éves férfi páciens esetén pedig a 0,51-0,74 közötti tartomány (102-148bpm), a tartományon kívül eső értékeknél nem várható változás. Ennek megfelelően a táblázatokban a fenti tartományokból választottam értékeket annak érdekében, hogy a módosítás hatása számszerűen is látható legyen.

4.a táblázat: Az eredeti és a módosított tagsági függvények alapján számított tagsági értékek (37 éves nő)

| HR (bpm) | HR (%) | Az eredeti tagsági függvény alapján |            | A módosított tagsági függvény alapján |            |
|----------|--------|-------------------------------------|------------|---------------------------------------|------------|
|          |        | Normál                              | Emelkedett | Normál                                | Emelkedett |
| 72       | 0,4    | 1                                   | 0          | 1                                     | 0          |
| 74       | 0,4111 | 1                                   | 0          | 1                                     | 0          |
| 77       | 0,4278 | 1                                   | 0          | 0,9291                                | 0,0709     |
| 79       | 0,4389 | 1                                   | 0          | 0,8282                                | 0,1718     |
| 80       | 0,44   | 1                                   | 0          | 0,8182                                | 0,1818     |
| 81       | 0,45   | 1                                   | 0          | 0,7273                                | 0,2727     |
| 82       | 0,4556 | 1                                   | 0          | 0,6764                                | 0,3236     |
| 85       | 0,4722 | 0,8257                              | 0,1743     | 0,5255                                | 0,4745     |
| 87       | 0,4833 | 0,6671                              | 0,3329     | 0,4245                                | 0,5755     |

A táblázatok jól szemléltetik, hogy a kritikus tartományban mindkét esetben fokozatosan csökken a normál tartományt jelölő tagsági függvény értéke, miközben az emelkedett tartomány értéke növekszik. Vagyis ahogy emelkedik a pulzusszám, egyre kevésbé tekintjük normálisnak, és egyre inkább emelkedettnek az értéket a kiértékelés során. A 37 éves hölgy páciens esetén például 82bpm az eredeti tagsági függvényeket figyelembe véve még egyértelműen normálisnak számít, hiszen a normális tartományt definiáló tagsági függvény értéke 1, az emelkedett pedig ennek megfelelően 0 (Ruspini-partíció), a módosított függvények alkalmazásakor pedig a normális tartományhoz tartozás mértéke már csak 0,6764, míg az emelkedett tartományba tartozás már 0,3236. 87bpm esetén pedig már meg is fordul a kiértékelés eredménye, hiszen az eredeti függvények esetén úgy tekintjük, hogy inkább számít ez az érték normálisnak ( $\mu_{normális}=0,6671$ ;  $\mu_{emelkedett}=0,3329$ ), mint emelkedettnek, a módosított függvények alapján pedig éppen fordítva ( $\mu_{normális}=0,4245$ ;  $\mu_{emelkedett}=0,5755$ ).

4.b táblázat: Az eredeti és a módosított tagsági függvények alapján számított tagsági értékek (37 éves nő)

| HR (bpm) | HR (%) | Az eredeti tagsági függvény alapján |            | A módosított tagsági függvény alapján |            |
|----------|--------|-------------------------------------|------------|---------------------------------------|------------|
|          |        | Normál                              | Emelkedett | Normál                                | Emelkedett |
| 100      | 0,5    | 1                                   | 0          | 1                                     | 0          |
| 104      | 0,52   | 1                                   | 0          | 0,9375                                | 0,0625     |
| 110      | 0,55   | 1                                   | 0          | 0,75                                  | 0,25       |
| 115      | 0,575  | 1                                   | 0          | 0,5938                                | 0,4062     |
| 125      | 0,625  | 1                                   | 0          | 0,2813                                | 0,7187     |
| 135      | 0,675  | 0,7222                              | 0,2778     | 0                                     | 1          |
| 140      | 0,7    | 0,4444                              | 0,5556     | 0                                     | 1          |
| 145      | 0,725  | 0,1667                              | 0,8333     | 0                                     | 1          |

A 23 éves férfi páciens esetén még jelentősebb különbségeket észlelhetünk, hiszen ott nagyobb mértékben tolódott el az eredeti tagsági függvény. Ebben az esetben például 125bpm-nél már látszik az előbb említett tendencia, hiszen ekkor az eredeti függvények alapján egyértelműen

normálisnak tekintett érték ( $\mu_{\text{normális}}=1$ ;  $\mu_{\text{emelkedett}}=0$ ) a módosított tagsági függvények hatására már csak 0,2813 értékkel tartozik a normál tartományhoz és 0,7187 értékkel az emelkedetthez. 135bpm esetén pedig már a módosítás hatására egyértelműen emelkedettnek tekintjük az értéket ( $\mu_{\text{normális}}=0$ ;  $\mu_{\text{emelkedett}}=1$ ), ami korábban 0,7222 értékkel tartozott a normál tartományba és csak 0,2778 értékkel az emelkedettbe. A tagsági függvények statisztika alapú hangolásának ezekben az esetekben van jelentősége, amikor az addig normálisnak tekinthető érték az új függvények alkalmazásával már emelkedettnek számít a kiértékelés során, hiszen az egyéni statisztikák mutatják a páciens megszokott reakcióját és ha ettől eltérően reagál, az jelzés értékű lehet.

## 6 ÖSSZEFOGLALÁS

Abban az esetben, ha a kockázat értékelés páciens monitorozás során történik, elengedhetetlen a rendszer személyre szabhatósága annak érdekében, hogy reális eredmény álljon rendelkezésünkre. Ilyen rendszerek esetén ez több tényezőtől tevődik össze. Mindenképpen célszerű fuzzy következtetési rendszert alkalmazni, mivel a fiziológiai jellemzők esetén nem adható meg egy éles határ, ami alatt még jónak tekinthető az érték, és felette már kórosnak mondható. A szakirodalomban a normálisnak tekinthető tartományok életkorra és nemre lebontva megtalálhatók, illetve az edzés céljának megfelelően is finomíthatók a határok. Egészen pontos tartományokat azonban a befolyásoló tényezők sokfélesége és azok bonyolult kölcsönhatásai következtében csak a személyes jellemzők figyelembe vételével tudunk meghatározni. A cikkben ezeket a módszereket ismertettem egy fuzzy logikán alapuló kockázat értékelő keretrendszerben alkalmazva. A tagsági függvények egy személyes profil alapján már eleve személyre szabottan hangolhatók, de ahogy megmutattam, a korábban azonos körülmények között végzett mérési eredményekből készített statisztikák alapján ezek tovább finomíthatók, ezáltal biztonságosabbá téve a kiértékelést. A statisztika alapú hangolás eredményeként olyan esetekben is emelkedett értéket jelez a rendszer, amikor az eredeti tagsági függvények alapján még normálisnak tekintenénk az értéket.

## Köszönetnyilvánítás

Az Emberi Erőforrások Minisztériuma ÚNKP-17-4-I. kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának támogatásával készült.

## IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Rialle, V., Duchene, F. et.al (2002). Health "Smart" Home: Information Technology for Patients at Home. *Telemedicine Journal and e-Health*, vol. 8, no. 4, 395-409
- [2] Kozlovszky, M., Sicz-Mesziár, J., Ferenczi, J. et.al. (2012). Combined Health Monitoring and Emergency Management through Android Based Mobile Device for Elderly People. *Wireless Mobile Communication and Healthcare, Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences, Social Informatics and Telecommunications Engineering*, vol. 83, 268-364.
- [3] Najafi, B., & Aminian, K. (2002). Measurement of Stand-Sit and Sit-Stand Transitions Using a Miniature Gyroscope and its Application in Fall Risk Evaluation in the Elderly. *IEEE Trans. on Biomedical Engineering*, vol. 49, no. 8, 843-351.
- [4] Koyama, Y., Nishiyama, M., & Watanbe, K. (2013). A Motion Monitor Using Hetero-Core Optical Fiber Sensors Sewed in Sportswear to Trace Trunk Motion. *IEEE Trans. on Instrumentation and Measurement*, vol. 62, no. 4, 828-836.
- [5] Sieira, M.C., Ricart, A. O., & Estrani, R. S. (2010). Blood pressure response to exercise testing. *Apunts Med Esport., Elsevier*, 2010, 191-200.
- [6] Wu, Y., Ding, Y., & Xu, H. (2007). Comprehensive Fuzzy Evaluation Model for Body Physical Exercise. *Risk Life System Modeling and Simulation, Lecture Notes in Computer Science*, vol. 4689/2007, 227-235.
- [7] Faisal, T., Taib, M. N., & Ibrahim, F. (2012). Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System for Diagnosis Risk in Dengue Patients. *Expert System with Applications, Elsevier*, 4483-4495.
- [8] Charbonnier, S., & Galichet, S. (2000). Statistical and Fuzzy Models of Ambulatory Systolic Blood Pressure for Hypertension Diagnosis. *IEEE Trans. on Instrumentation and Measurement*, vol. 49, no. 5, 998-1003.
- [9] Polar RS800CX User Manual - Polar USA, [http://www.polar.com/e\\_manuals/RS800CX/Polar\\_RS800CX\\_user\\_manual\\_English/manual.pdf](http://www.polar.com/e_manuals/RS800CX/Polar_RS800CX_user_manual_English/manual.pdf)
- [10] Czabański, R., Jeżewski, J. et al., (2013) Fetal state assessment using fuzzy analysis of fetal heart rate signals – Agreement with the neonatal outcome. *Biocybernetics and Biomedical Engineering*, vol. 33, no. 3, 145-155.
- [11] Linh, T.H., Osowski, S. et al., (2003) On-line heart beat recognition using Hermite Polynomials and Neuro-Fuzzy Network. *IEEE Trans. On Instrumentation and Measurement*, vol. 52, no. 4, 1224-1231.
- [12] Ranganathan, G. et al. (2012) Estimation of heart rate signals for mental stress assessment using neuro fuzzy technique. *Applied Soft Computing*, vol. 12, no. 8, 1978-1984.
- [13] Tóth-Laufer, E., Takács, M., & Rudas, I. (2015). Fuzzy Logic-based Risk Assessment Framework to Evaluate Physiological Parameters. *Acta Polytechnica Hungarica*, vol. 12, no. 2, 159-178.
- [14] Fullér, R. (1998). Fuzzy Reasoning and Fuzzy Optimization. *Turku Centre for Computer Science*, <http://uni-obuda.hu/users/fuller.robert/sda1.pdf> [2018.01.22].
- [15] Dombi, J. (2008). Towards a General Class of Operators for Fuzzy Systems. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, vol. 16, no. 2, 477-484.
- [16] Tóth-Laufer, E., Rudas, I., & Takács, M. (2014). Operator Dependent Variations of the Mamdani-type Inference System Model to Reduce the Computational Needs in Real-Time Evaluation. *International Journal of Fuzzy Systems*, vol. 16, no. 1, 57-72.
- [17] Tóth-Laufer, E., & Várkonyi-Kóczy, A.R. (2015). Personal Statistics-based Heart Rate Evaluation in Anytime Risk Calculation Model. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, vol. 64, no. 8, 2127-2135.
- [18] Codara, P., D'Antona, O.M., & Marra, V. (2009). An Analysis of Ruspini-partitions in Gödel Logic. *International Journal of Approximate Reasoning*, vol. 50, no. 6, 825-836.



# Kevert iszap előkezelésének hatása a fermentációra

## Effect of waste-water sludge pre-treatment on fermentation

Tupa Boglárka, Korondi Endre, Bakosné dr Diószegi Mónika

Óbuda University, Bánki Donát Faculty of Mechanical and Safety Engineering Népszínház utca 8.,  
1081 Budapest, Hungary

[tupabogi@gmail.com](mailto:tupabogi@gmail.com), [korondi.endre@rkk.uni-obuda.hu](mailto:korondi.endre@rkk.uni-obuda.hu), [dioszegi.monika@bgk.uni-obuda.hu](mailto:dioszegi.monika@bgk.uni-obuda.hu)

**Összefoglalás:** A biogáz üzemek alapanyagainak előkezelése jelentős befolyásoló tényező a biogáz termelésre. Az adott mennyiségű szerves anyagból kitermelt nagyobb mennyiségű biogáz és metán, hatással van az üzemek működési hatékonyságára, gazdasági eredményeire.

Kutatási célunk egy mechanikus aprítóberendezéssel történő előkezelés hatásának vizsgálata a szennyvíztelepi kevert iszapra. A berendezés különböző fordulatszám és recirkulációs beállításai mellett kísérleti úton megállapítottuk az alapanyagból kapott biogáz hozamot, és annak metánmennyiségét. Vizsgáltuk a berendezés egyes paramétereinek változtatásával annak a hozamra tett hatásait. Az eredmények elemzését követően megállapításra kerül az előkezelés legkedvezőbb beállítása.

**Kulcsszavak:** biogáz, metán, anaerob fermentor, alapanyag előkezelés

**Abstract:** Pre-treatment of raw materials in biogas plants is a significant factor in biogas production. The larger amounts of biogas and methane extracted from a given amount of organic matter have an impact on the operational efficiency and economic outcomes of the plants.

Our aim is to investigate the effect of pre-treatment with a mechanical shredder on the mixed sludge of the sewage plant. At different speed and recirculation settings of the equipment, the biogas yield from the raw material and its methane content were experimentally determined. We have investigated the effects of the change in some equipment parameters. After analysing the results, the best adjustment for pre-treatment was established.

**Keywords:** biogas, methane, anaerobe fermentor, pre-treatment

### 1 BEVEZETÉS

Az előállított biogáz mennyiségét jelentősen befolyásolja az alapanyag előkezelése. A szennyvíziszapban a baktériumok telepekben egymáshoz kapcsolódnak-pelyheket alkotnak- ezek mellett számos szerves anyag és inert részecske is helyet foglal. A pelyhekbe rendeződés meggátolja a nagyobb felületen történő tápanyag felvételt, amely kevesebb biogáz termelést eredményez. A telepek széttroncsolásával megoldható a fajlagos felület növelése, így javítható a biológiai lebontás. [1] Ebből a célból alkalmaztak szennyvíztisztító telepen Lysis *sűrítőcentrifugát* a csehországi Liberecben (1.000.000 lakos egyenérték) Furstenfeldbruck-ban (70.000 lakos egyenérték) és

németországi Aachen-Soers-ben (650.000 lakos egyenérték). A gépegység beépítésével a biogáz-termelés hozama 15–26%-kal növekedett. [2] Az *örlő gyöngymalom*, nedves aprító berendezés a finom aprítóberendezések azon csoportjába tartozik, melyek az alapanyag aprításához vivőközeget - általában vizet vagy iszapot- alkalmaznak, vagy maga az alapanyag kolloid tulajdonságú. A gyöngymalmok alkalmazása során több roncsolási mechanizmus működik egymás mellett, a szemcsék ütközése, legördülése és a rétegek között fellépő nyíróerő egyaránt hat. [3] Eleven iszap esetén 10-24 %-os biogáz növekmény figyelhető meg. [4]

A *kolloid malmok* a nedves aprítás olyan berendezései, melyekben az ütó, vagy dörzsölő hatás 0,1 µm-nél kisebb szemcseméretet eredményez. Kevert iszap 36 Celsius fokon történő rothasztás során 18 %-os biogáz növekmény figyelhető meg az előkezelés hatására. [5]

Sok helyen alkalmazzák a magas nyomású *homogenizátort* is. Onyeché szerint 150 bar nyomáson alkalmazva az iszaptól nyert biogáz hozam 30%-os növekményt mutatott, a visszamaradó iszap mennyisége pedig 23%-kal csökkent. [6]

Célkitűzésünk laboratóriumi körülmények között megvizsgálni a szennyvíztelepen fellelhető alapanyag (kevert iszap) előkezelésének hatását a biogáz hozam szempontjából. Továbbá, az általunk használt mechanikus előkezelő berendezés optimális beállításának meghatározása, oly módon, hogy nagyobb mennyiségű és jobb minőségű biogázt tudjunk előállítani.

### 2 A KÍSÉRLET SORÁN ALKALMAZOTT ANYAGOK ÉS MÓDSZEREK

#### 2.1 A laboratóriumi fermentációs eljárás alapja VDI 4630

Kísérleteinket a VDI 4630 szerves anyagok fermentálása című irányelv alapján állítottuk össze. Ez a dokumentum ajánlásokat ad a szerves anyagok fermentálhatóságának becslésére, a megfelelő vizsgálati összeállításokhoz szükséges készülékek és berendezések kiválasztására.

A fermentációt négyszer hajtottuk végre párhuzamos minták vizsgálatával, hogy validált és reprodukálható eredményeket kapjunk.

## 2.2 Anyagok

A Dél-pesti Szennyvíz Telepről származó kevert iszapot kezeltük és a szintén a telepről származó fermentlével oltottuk be. A kísérlet a mintavételezéssel kezdődött. A szubsztrátumok-jelen esetben kevert iszap - azok az alapanyagok, melyeknek a fermentációját követően a biogáz hozamot szeretnénk meghatározni. A minták szállítása kannákban történt a Dél-pesti Szennyvíztisztító Telepről a Biomassa előkezelő laboratóriumba. [7]

## 2.3 Kísérletterv

A kísérlet célja a folyadéknyírás és ütközés elvén működő berendezéssel történő előkezelés hatásának vizsgálata a kevert iszap fermentáció hatékonysága céljából. A fermentáció hatékonysága a biogáz hozam minőségi és mennyiségi növelésével mérhető.

Az anaerob kísérlet során vizsgált értékekre (biogáz és metánhozam) több változó befolyásoló hatását feltételeztük. Ezek egyenkénti módszeres léptetésével végzett vizsgálatsorozatok magas számából adódóan rendkívül időigényes az eljárás. Ennek kiküszöbölésére a kísérlettervezés módszerét alkalmaztuk.

A kezelési eljárás változó elemei és azok szintjei:

- fordulatszám,  
(+: 2400ford/min; -: 1600 ford/min)
- recirkuláció,  
(+ 3db; -: 9db)

Az egyes szinteket a Bakosné dr. Diószegi Mónika által korábban az aprítóberendezéssel elvégzett kísérletek alapján határoztuk meg. Az alapanyag különböző előkezelési paraméterei az alábbi táblázatban látható. [8]

1. táblázat Alapanyagok előkezelésének különböző paramétereiből összeállított kísérletterv

| Kezelési azonosító | Fordulatszám [1/min] | Recirkuláció [db] |
|--------------------|----------------------|-------------------|
| Kezeletlen         | -                    | -                 |
| S1                 | 2400                 | 3                 |
| S2                 | 2400                 | 9                 |
| S3                 | 1600                 | 3                 |
| S4                 | 1600                 | 9                 |
| S5                 | 2000                 | 6                 |

## 2.4 A kísérlet összeállítása

A kísérlettervben meghatározott paraméterekkel kezelt alapanyagot (kevert iszap) és az oltóiszapot (fermentlé) szabványban írt mennyiség alapján a reaktorba bemértük. Ezt követően a vizsgálati edényt légmentesen lezártuk. A reaktor üveg gázfázisát átöblítettük nitrogénnel, hogy hamarabb beinduljon az anaerob bomlás.

Minden alkalommal indítottunk a szubsztrátum fermentációjával egy időben vakminta mérést is. A vakminta esetében vizsgált anyag nincs, csak az oltóiszap kerül a reaktorba. Az oltóiszap fermentációja során kapott érték kerül levonásra, a minta és az oltóiszap keverék által termelt gázmennyiségből. Így kapható meg tisztán, a vizsgált szubsztrátum biogáz hozama. [9] [10]



1. ábra: Batch rendszer fermentációi

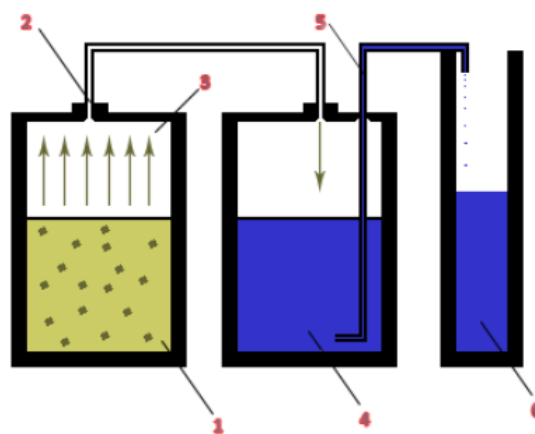
A mérési sorozatot ismétléssel végeztük, melyek mérési eredményeinek átlagát vettük az elemzések alapjául.

## 3 MÉRÉSI PARAMÉTEREK

### 3.1 A fermentáció biogáz hozamának mennyiségi mérése (VDI 4630 alapján összeállított rendszer)

A fermentáció biogáz hozamának mennyiségi mérése térfogat kiszorítás elvén történt. A fejlődő gáz a gáztérből csövön keresztül a mérőfolyadékkal megtöltött tartály légtérbe áramlik.

A reaktor üvegekben keletkező biogáz mennyiség változással (térfogat- és nyomásnövekedéssel) egyidejűleg a második tartályban lévő mérőfolyadék a szilikon csövön át a gázhozam mérőhengerbe préselődik. A keletkezett biogáz térfogata megegyezik a kiszorított folyadék térfogatával. [7]



2. ábra: Mennyiségi mérés a gázkiszorítás elvén

1. A fermentálni kívánt szubsztrátum, 2. Polipropilén cső, 3. Gáztér,  
 4. Mérőfolyadék,  
 5. Szilikoncső, 6. Gázhozam mérő

A kísérletindítás hetében minden nap, aztán 2 naponta mértük a termelt biogáz mennyiségét és minőségét.

### 3.2 A fermentáció biogáz hozamának minőségi mérése gázkromatográffal

A fermentáció biogáz hozamának minőségi mérése gázkromatográffal történt.

A gázkromatográfiás vizsgálat egy olyan kvalitatív és kvantitatív elválasztási eljárás, ahol vivőgáz – más néven eluens – juttatja tovább a bejuttatott mintát. Az elválasztás során az injektorban a minta magas hőmérsékleten elpárolog, és gáz halmazállapotú lesz, ebből adódóan csak olyan anyagokat vizsgálhatunk, amelyek elpárologtathatók. A beinjektált minták az oszlopon haladnak, amelynek időbeli változását az oszlop végénél lévő detektor méri. Ennek eredményeképp kromatogramokat kapunk, ahol a csúcsmagassághoz tartozó idő (ún. retenciós idő) alapján azonosítható a vizsgált mintában az adott komponens. A görbe alatti terület integrálásával pedig az anyag mennyiségére kapunk kvantitatív adatot. A biogáz mintákat gázfecskeendővel vettük, amit először a mintával átöblítettünk. [9]

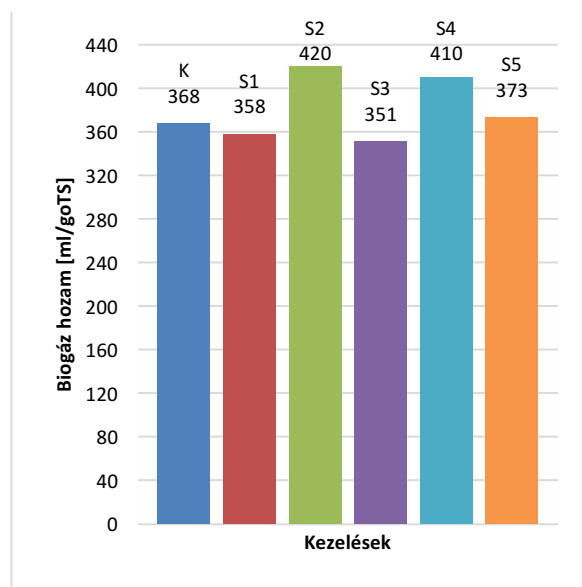


3. ábra Gázkromatográf

## 4 EREDMÉNYEK

### 4.1 Biogáz hozam értékek

A kevert iszap szubsztrátum vizsgálatát ismételt kísérletben végeztük. Minden esetben párhuzamos méréseket folytattunk és ezek átlagát vettük figyelembe az alábbi megállapításoknál. A kísérleteink során a Dél-pesti szennyvíztisztító telep elő és utóülepítőjéből származó kevert iszapot használtuk szubsztrátumként, melyet a kísérletterv alapján kezeltük. Ezt oltottuk be a fermentáléval, amely a toronyból távozó centrifuga előtti iszap.

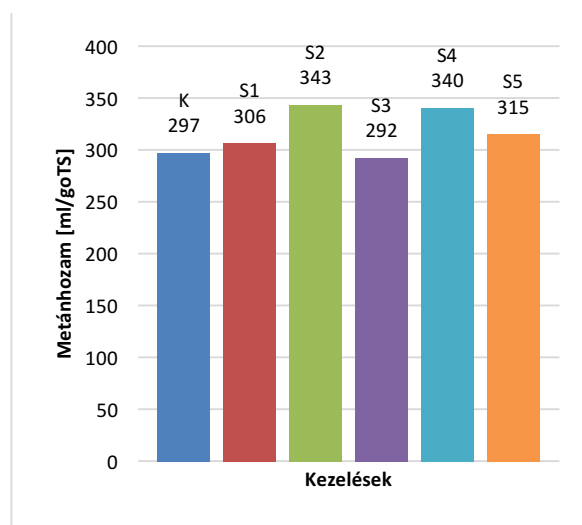


4. ábra: Biogáz hozam értékek

A 4. ábráról leolvasható, hogy a kezletlen minta biogáz hozama, ami 367 ml/g<sub>OTS</sub>, a kezelt minták pedig 351 ml/g<sub>OTS</sub> (S3) és 409 ml/g<sub>OTS</sub> (S4) között alakultak.

### 4.2 Metán hozam értékek

A metánhozamok legmagasabb értéke 343 ml/g<sub>OTS</sub> (S2) a legalacsonyabb pedig 292 ml/g<sub>OTS</sub> (S3). A kezletlen rendszer metánhozama 297 ml/g<sub>OTS</sub>.



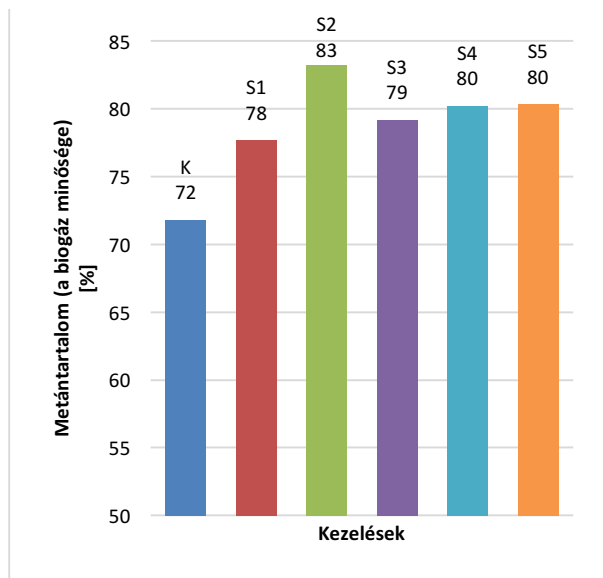
5. ábra: Metán hozam értékek

Az S3-as minta elmarad a kezletlenhez képest metánhozamban is. A többi, más paraméter beállítással kezelt rendszer viszont metánhozam többletet mutat. Ezzel megállapítható, hogy a kezelés a biogáz minőséget egyértelműen növelte.

### 4.3 Termelt biogáz %-os metántartalma és pH értékek

A 6. ábráról leolvasható, hogy a mintánként termelt összes biogáz átlagos százalékos metán értéke minden esetben magasabb a kezelt rendszerek esetében.

Kiemelkedő az S2-es érték, mely majdnem 12% többletet mutat. Az S1 esetén 6% körüli a többlet. A többi rendszer e két érték között helyezkedik el.

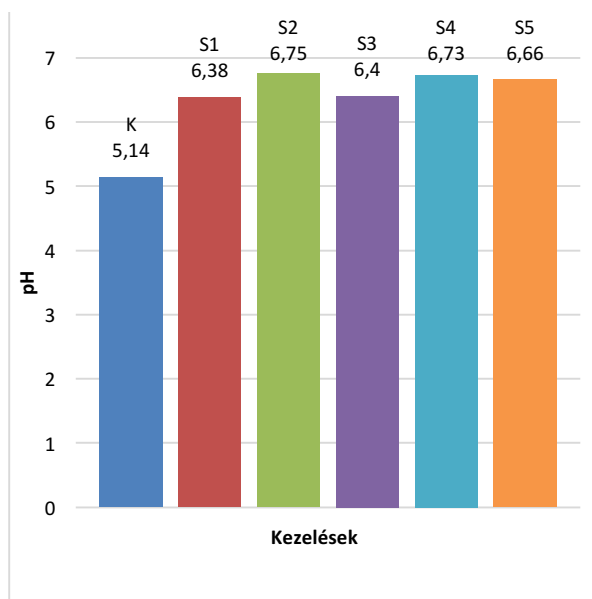


6. ábra: Termelt biogáz %-os metántartalma

A fermentáció során fontos, hogy a pH érték stabil maradjon, mivel a baktériumok- kiemelten a metanogének- érzékenyek a pH ingadozásra.

A savképző baktériumok már 5-ös pH feletti értéken is megfelelően működnek, ehhez képest a metanogéneknek 6,2-es pH-t kell biztosítani. A fermentatív baktériumok pedig a 6,8-7,2 közötti pH tartományban fejlődnek megfelelően. [11]

Kísérleteink során közvetlen az előkezelések után, valamint a fermentációs kísérleteink végén mértünk a pH-t, ezzel is monitorizálva a fermentorban lejátszódó folyamatokat.

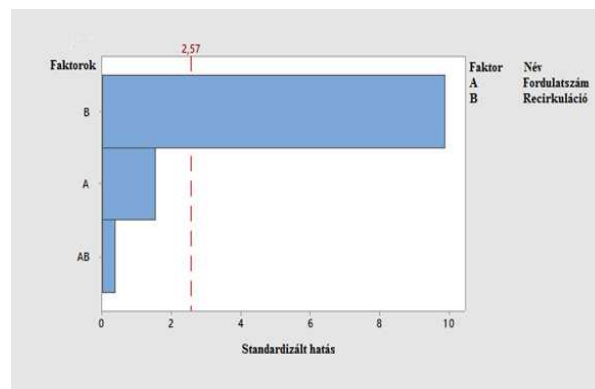


7. ábra: Az alapanyag pH értékének változása az előkezelések hatására (fermentáció előtt)

A metántartalom és a pH értékek között szoros összefüggés látható. A pH tartalomból közvetlenül tudunk a metántartalomra következtetni. Ezt a megállapítást a mi méréseink is alátámasztják. (6. ábra)

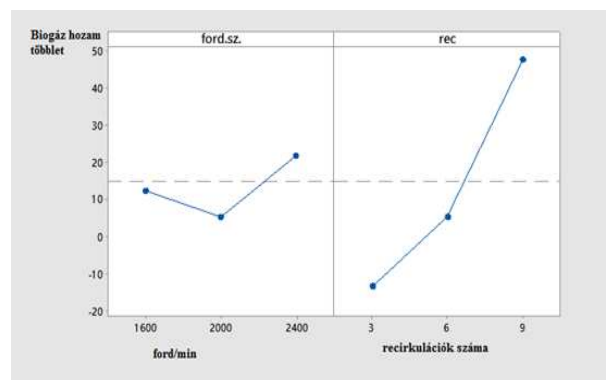
#### 4.4 Gázhozamok és körülményeinek statisztikai elemzése, kiértékelése

Megvizsgáltuk az anaerob fermentáció végén (10. nap) a kezeletlen mintához képest a metánhozam és a biogáz hozam többletet. Ezen különbségek értékeit az ANOVA módszerrel értékeltük ki. A MINTAB program által kapott biogáz hozamtöbblet hatásdiagramja látható az alábbi Pareto diagramon.



8. ábra: A mechanikus aprítóberendezéssel történő kezelés biogáz hozamának vizsgált faktorjai a kevert iszap esetén

A diagramon látható, hogy a fordulatszám hatása elhanyagolható a hozamok szempontjából. A kevert iszap esetén csak recirkuláció számának van szignifikáns hatása a fermentációra. Hasonló eredménnyel alakult a metánhozam többlet Pareto diagramja is.



9. ábra: A fordulatszám és recirkuláció hatása a biogáz hozam többletre

Leolvasható a hatásdiagramból, hogy a fordulatszám növelésével kevésbé, a recirkuláció növelésével viszont jelentősen nő a gázhozam.

## 5 KONKLÚZIÓ

A kísérletek alapján beigazolódott, hogy az alkalmazott előkezelő berendezés hatással van az alapanyag biogáz termelésére.

Továbbá a kísérlettervezés statisztikai elemzése alapján kijelenthetjük, hogy a berendezés beállított paramétereitől a recirkulációnak van jelentős hatása a

fermentációra. A mért eredmények tekintetében bizonyos, hogy a nagyobb recirkuláció esetén növekszik a biogáz és metán hozam.

Mivel a fordulatszám nem befolyásoló paramétere a hozam értékeknek, így a kezelést érdemes alacsony fordulatszámon nagy recirkulációval elvégezni figyelve az előkezelés befektetett energia mennyiségére.

Ugyanakkor további optimalizálásra és energia mérleg elkészítésére van szükség a berendezés üzemi létjogosultságának bizonyítására. Üzemi alkalmazás esetén a laboratóriumi mérések fél-üzemi vizsgálata is előkövetelményként merül fel.

Összességében megállapítható, hogy az alap kutatás eredményei fontos pillérként hasznosíthatók a biogáz üzemek számára. A biogáz telepek gazdaságos üzemeltetése függ a megfelelő előkezelő berendezések technológiai sorrendbe iktatásával, az eljárás optimalizálásával. A biztonságosan kiszámítható magas és jóminőségű biogáz hozam növelné a létesítmények számát, csökkenne a hazai energia kiszolgáltatottság és növekedne az energiabiztonság.

#### KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A közleményben ismertetett kísérletsorozat Bakosné Dr. Diószegi Mónika, Tupa Boglárka, Kormos Klaudia, Misi Ádám, Pelle György Tamás közreműködésével az Óbudai Egyetem biomassza előkészítő laboratórium eszközei segítségével jött létre.

Továbbá az Emberi Erőforrások Minisztériuma ÚNKP-17-4-I. kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának támogatásával készült.”

#### IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Dr. Öllös Géza, Dr. Oláh József, Palkó György - Rothasztás szakkönyv  
<http://docplayer.hu/24804750-Ollos-geza-olah-jozsef-palko-gyorgy-rothasztas-szakkonyv.html> (Letöltve: 2016. május 8.)
- [2] M. Dohanyos, J. Zabranska, P. Jenicek: Enhancement of sludge anaerobic digestion by using of a special thickening centrifuge, pp: 145–153, *WaterSci. Technol.* 36 (11) 1997., J. Zabranska; M. Dohanyos; P. Jenicek; J. Kutil.: Disintegration of excess activated sludge-evaluation and experience of full-scale applications, *WaterSciTechnol.*, pp.: 229–236, 53 (12) 2006.  
[https://www.researchgate.net/publication/229173222\\_Enhancement\\_of\\_sludge\\_anaerobic\\_digestion\\_by\\_use\\_of\\_a\\_special\\_thickening\\_centrifuge](https://www.researchgate.net/publication/229173222_Enhancement_of_sludge_anaerobic_digestion_by_use_of_a_special_thickening_centrifuge) (Letöltve: 2017. január 8.)
- [3] Pécs M.: Feldolgozási műveletek – Sejteltárás, BME Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Vegyészmérnöki és Biomérnöki Kar, Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudományi Tanszék oktatási anyag  
[http://oktatas.ch.bme.hu/oktatas/konyvek/abet/bioelvalmuveletek/00%20Digitalis%20tananyag/Digit%E1lis%20jegyzet\\_animaciok%20nelkul.pdf](http://oktatas.ch.bme.hu/oktatas/konyvek/abet/bioelvalmuveletek/00%20Digitalis%20tananyag/Digit%E1lis%20jegyzet_animaciok%20nelkul.pdf) (Letöltve: 2016. május 1.)
- [4] U. Baier, P. Schmiheiny: Enhanced anaerobic degradation of mechanically disintegrated sludge water., pp.: 137–143, *Sci. Technol*, 36 (11) 1997.
- [5] M. Barjenbruch, O. Koplow: Enzymatic, mechanical and thermal pretreatment of surplus sludge, pp.: 715–720, *Adv. Environ Res*, 7 (3) 2013.
- [6] Onyece, T.I.: Economic benefits of low pressure sludge homogenization for waste water treatment plants. New Brunswick, Canada: IWA specialist conferences Moveing forward wastewater biosolids sustainability, 2007.

<http://www.bvsde-oms.org/bvsaar/cdlodos/pdf/economicbenefits417.pdf> (Letöltve: 2016. március 11.)

[7] VDI 4630 – Szerves anyagok fermentálása - A szubsztrátum jellemzése, mintavételezés, lényeges adatok gyűjtése, fermentációs tesztek, Verein Deutcher Ingenieure, Düsseldorf, 2006.

[8] Bakosné Diószegi Mónika: Speciális mechanikus előkezelés hatásának vizsgálata biogáz hozam növelése céljából, Doktori (PhD) értekezés, Óbudai Egyetem Biztonságtudományi Doktori Iskola, Budapest, 2015.

[9] Kormos Klaudia: Kevert, szakaszos biogáz fermentáció vizsgálata, Tudományos Diákköri Dolgozat, Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar Gépészertani és Biztonságtechnikai Intézet, Budapest, 2013

[10] Bai Attila (szerk.): A biogáz, Száz Magyar Falu Könyvesháza Kht., 2007

[11] Drégelyi – Kiss Ágota, Horváth Miklós, Bagi Zoltán: Biogáz gyártás mérési eljárásai, Óbudai Egyetem, Budapest, 2012, ISBN 978-615-5018-51-0

# CFD Simulation of an urban environment for placing wind turbines

## Városi környezet CFD szimulációja szélturbinák elhelyezéséhez

Gábor Sándor\*, Dr. Ildikó Molnár\*\*

Óbuda University, Donát Bánki Faculty of Mechanical and Safety Engineering, Budapest, Hungary

\*rodnas.robag@gmail.com; \*\* molnar.ildiko@bgk.uni-obuda.hu

*Besides solar energy, wind energy is also a major factor in the aspect of “green energy” utilization that should be taken advantage of. In urban circumstances the flow of the wind is more predictable therefore it is worth to be utilized paying attention to various components such as impact on humans. Under the given conditions the goal is to obtain more benefit from this fluid energy. During the preliminary CFD (Computing Fluid Dynamics) simulations it has been concluded that the multi-rotor configuration is more effective than the single-rotor construction. Further measurements and simulations are based on the multiple impeller is situated in a given infrastructure.*

**Keywords:** wind turbines, CFD, urban environment, multiple impeller, energy, efficiency.

*A napenergia mellett, a szélenergia is egy meghatározó tényező a „zöld energia” hasznosítás szempontjából, amit használnunk kellene. Városi körülmények között a szél áramlása kiszámíthatóbb, ezért megéri kihasználni azt, figyelembe véve különböző körülményeket, mint az emberekre gyakorolt hatást. Az adott feltételek mellett a cél, hogy minél többet lehessen hasznosítani ebből a fluid energiából. Az előzetes CFD (Computing Fluid Dynamics) szimulációk során a több-rotoros kialakítás hatékonyabbnak bizonyult, mint a szimpla-rotoros, változat. A további mérések és szimulációk a több impelleres konfiguráción alapulnak, egy adott infrastruktúra elemre helyezve.*

**Kulcsszavak:** szélturbina, CFD, városi környezet, több járókerék, energia, hatékonyság.

### 1 INTRODUCTION

Nowadays, if we meet the phrase: green energy or renewable energy, may think about the solar panels that utilizes the power of the Sun. But beside solar panels wind turbines are also taking a major part of utilizing green energy. If wind turbines are mentioned, people may think about the huge ones that are far away from inhabited area.

These huge turbines, which blades are 20-60 m long, are to generate approximately 5 megawatts power. This is sufficient to supply energy to a larger office building. There are examples for big size urban wind turbines like in Toronto, a 30 floor-high lakeshore wind turbine is able to supply 250 houses with energy.

The project WEB (Wind Energy in Built Environment – „Szélenergia az épített környezetben”), funded by the



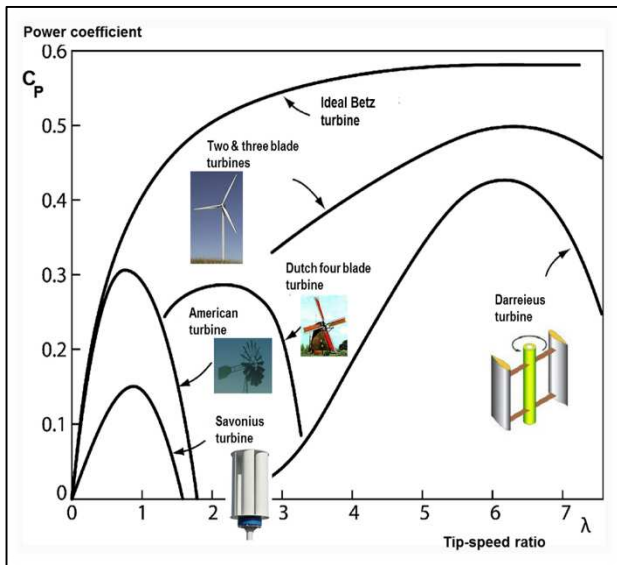
1. Figure: Different type of wind turbines are on different infrastructure elements. [4], [8]

European Commission, suggests that it is acceptable and economical to design or supply a building with wind turbines if at least 20 % of the electricity need of the building are covered by the wind utilization. Of course, square buildings, for example, reduce efficiency due to flow breaks and turbulence. With the aid of edgeless, rounded surfaces or flow passages, the flow of wind must be directed towards the rotors. [6]

My goal is to bring these turbines in the cities in a smaller form and taking advantage offered by the streets. This topic is very complex, one of the stages is the simulation of the flow of the wind turbines.

In order for a wind turbine to work in an urban environment, must meet a wide variety of requirements. First of all, it must not to induce bigger noise than the wind. The interfering effect and its spread are also influenced by the frequency of the noise. Another important thing is the sight. In densely populated areas, many people may feel anxious as a result of the not suitable sight. Therefore, they will do the utmost to prevent this development. Many people are afraid of wildlife, birds from its effects.

Most of the world's energy consumption is spent on energy-supplying buildings (40%). The average annual consumption of an average family house is approx. 4000 kWh, the heating, cooking and heating of water demand is approx. 10000 kWh, this is a total of 14MWh a year. The average wind speed in Hungary is 4-5 m/s and the windy days are 70-80 days a year. All this can be said to be modest but 1500-2000 kWh energy per year can be produced for a family house. [2,5]



2. Figure: Dependence of the power coefficient and tip-speed ratio.

## 2 URBAN WIND TURBINES

The importance of renewable energy sources is unquestionable. The wind energy is one that has potential opportunities. Many types of wind turbines are known and their appearance in cities is no longer surprising (1. Figure).

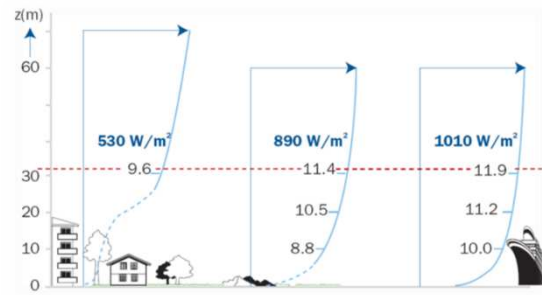
There exist many concepts of how these turbines should look and be situated in the best case scenario. Over the years of using different kind of renewable energy utilizing devices (solar panel, solar water heating systems and wind turbines) community energy consumption was established. The main idea is to share the energy utilizers among associated families and/or neighbours resulting decreased individual costs of the material, installation and others but the benefit is higher. Wind turbines that are able to be placed within an inhabited area, could be an alternative choice to these communities.

### 2.1 Principle

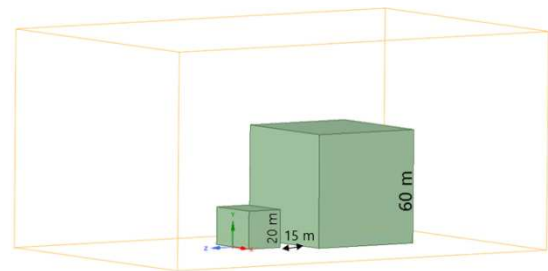
Many type of wind turbines are existing and these are differentiated by their dependence of the power coefficient and tip-speed ratio (2. Figure). The power coefficient is the ratio of the extracted and the wind power. The tip-speed ratio is the ratio of the speed of the rotor circumference and the speed of the wind. According to the Betz-theory [9], in ideal case the maximum extractable power is less than 60% but in real cases the loss is even higher.

Other influencing factor is the environment where wind turbines are being placed. In usual case these are located far away from inhabited areas, in the middle of a meadow or are installed in the sea near to the seashore. The purpose is to minimize the barriers against the wind flow helping to evolve as high velocity of the wind as possible, sufficient and safety, to increase the amount of the extracted power.

In urban circumstances the flow development (compared meadows) is blocked by different obstacles and buildings therefore a lower average wind speed can be achieved at the same height. However, the case can be advantageous: the wind direction could be easier to predict so a smaller wind utilizer can be placed but in a more efficient way. (3. Figure)



2. Figure: Wind speed profile in different environments



3. Figure: Prepared model for CFD simulation

## 3 SIMULATION

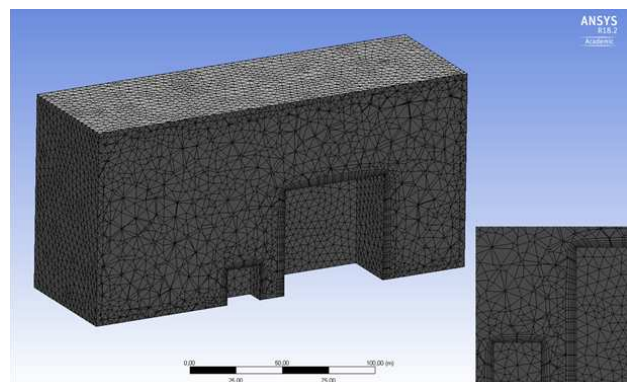
To investigate on the concept, ANSYS CFD simulation software was used. Computation Fluid Dynamics is based on the finite volume method, means that the 3D model is discretized and computation is made for each element.

### 3.1 Simulated environment

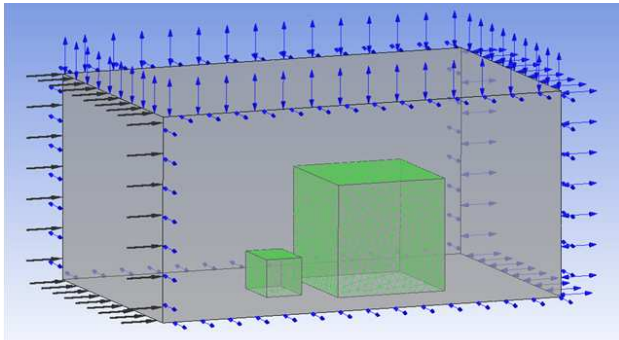
By creating a computer simulation, examine the flow conditions in the surroundings of buildings. This phenomenon was placed in a virtual environment. In the present case, the selected building geometries are a multi-storey 60 m high office building, with a 20 m tall lower building in front of it. The distance between the two buildings is 15 m. The created model for the simulation is shown in 4. Figure.

### 3.2 Meshing

For the software to execute the simulation, need to break down into smaller parts therefore a proper mesh has to be created. There are several options for grid making. In this case, the mesh was made from tetrahedron elements. At the end of the task, it is possible to evaluate quality if necessary to change to make more proper. In order to make the calculated value more accurate along the walls of the buildings, inflation has been made. (5. Figure)



5. Figure: Meshed geometry with inflation



6. Figure: Defined boundary conditions

### 3.3 Boundary Conditions

It is known from the literature, that the wind produces excessive pressure on some surfaces of the attacked building, and on other surfaces. Wind speed is largely determined by local factors, depends on the terrain, the surface coverage and other obstacles in the given environment (trees, buildings, bushes, etc.)

In the first case, wind direction is assumed to be perpendicular with constant speed of 3 m/s as an average wind speed in dense cities. Other surfaces are defined as walls and openings. (6. Figure) In the future, second case wind profile power law relationship will be given as an initial condition (1), where:

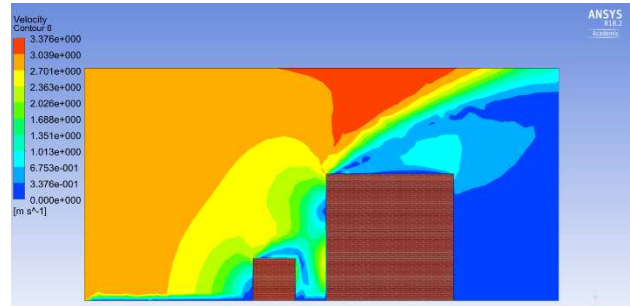
$$\frac{v}{v_r} = \left( \frac{h}{h_r} \right)^\lambda \quad (1)$$

$v$  is the wind speed [m/s] at the height of  $h$  [m],  $v_r$  is the known wind speed at a reference height  $h_r$ , and  $\lambda$  is a coefficient that depends on the surface structure and the equilibrium position of the atmosphere. [3]

If the different fluctuations and irregularities are taken into account, this turbulent flow is described by Navier-Stokes equations and the continuity equation. The turbulence model is used by the SST, which combination of  $k-\epsilon$  and  $k-\omega$  models, so that, away from the boundary layer turbulent viscosity is calculated from the  $k-\epsilon$  model while near the wall  $k-\omega$  is used.

### 3.4 Results

At the end of the simulation, the results were evaluated. A complex turbulent flow develops around the buildings. The nature of the flow is greatly influenced by the separation of the boundary layer, which can be occurred when the pressure increases in the direction of the flow along the solid wall. From the result of the simulation, it is clearly visible that there is a separation bubble above the building. Above the separation bubble there is a flow zone where the wind speeds up (red area). If the wind turbines are placed in this zone it is expected that the rotor will reach the wind at a higher entry speed than in any other zone, even in the undisturbed zone. (7. Figure)

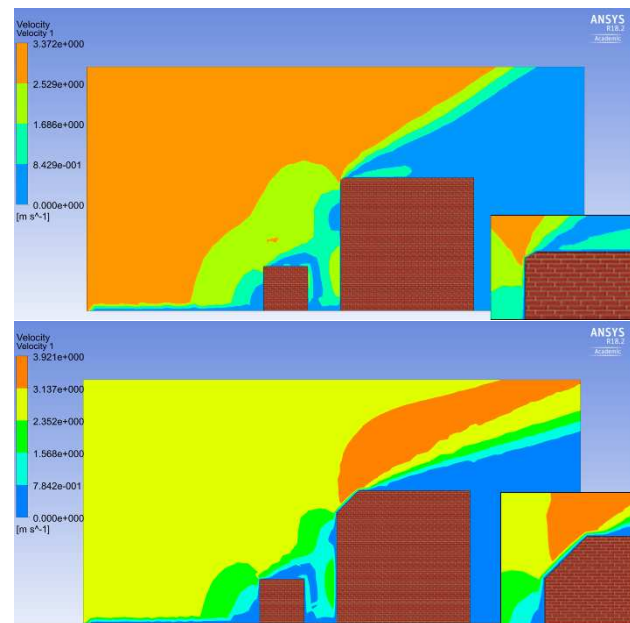


7. Figure: Velocity change of the wind flow in the simulated environment.

#### 3.4.1 Further experiments

By modifying the geometry, possibly, the accelerated flow zone moves to a more advantageous position in the perspective of placing the turbines.

Therefore, by chamfering the top-face edge in different ways, two cases were created. First is a small, asymmetrical chamfering by 1-2 m, the second is a bigger, symmetrical by 5 m. It is shown in the 8. Figure, this approach could be a beneficial way in view of placing and utilizing wind turbines. Not least, safe and simple placement of the turbines is also an important viewpoint. In future examinations this modified geometry will be used with the wind speed exponential function (1).



8. Figure: Modified building geometry: asymmetric (upper), symmetric (below)



#### 4 CONCLUSION

Computer simulation, as a tool, was carried out to investigate the flow around buildings. The aim was to underline the fact that, in certain circumstances, consideration should be taken into to utilize wind conditions at the top of buildings, for this, placing wind turbines in the region of interest, may offer a positive result. The future goal is to investigate the effectiveness of wind turbines in this environment and, last but not least, the impact on human health and comfort.

There are, of course, many kind of strategies that cities can use in the future. Utilizing the benefits of wind power, developing 'clean' transport technologies, expanding public transportation and increasing energy efficiency in buildings are solutions that cities can continue to explore. Depending on settlements, climates, existing infrastructures and available resources, different cities are likely to use different approaches to handle their energy needs and reduce their carbon footprint.

#### ACKNOWLEDGEMENT

First of all, I would like to thank my consultant, Dr. Ildikó Molnár, for the great help, knowledge and support without which this paper could not have been created.

I am grateful to Dr. Ferenc Szlivka for my knowledge and professional support during my work during the subject Pneumatics and Hydraulics.

Furthermore, I would like to thank the Ministry of Human Capacities for my participation in the New National Excellence Program.

#### REFERENCES

- [1] Dr. Tóth László; Szent István Egyetem. (2011). *Település Energetika*. Retrieved from [http://www.tankonyvtar.hu/en/tartalom/tamop412A/2010-0019\\_Telepules\\_energetika/ch12s02.html](http://www.tankonyvtar.hu/en/tartalom/tamop412A/2010-0019_Telepules_energetika/ch12s02.html)
- [2] Emberiség.hu. (2013, Aug.). *Szélterőmű a háztetőn*. Retrieved from <http://emberiseg.hu/emberiseg/szeleromu-a-hazteton/>
- [3] Károly, Dr. Tar; Debreceni Egyetem Meteorológiai Tanszék and Magyar Szélerőenergia Társaság. (n.d.). *A SZÉL ENERGIÁJA*. Retrieved from [http://www.kvvm.hu/cimg/documents/Tar\\_Karoly.pdf](http://www.kvvm.hu/cimg/documents/Tar_Karoly.pdf)
- [4] Kaushik. (n.d.). *The Bahrain World Trade Center Has Built-In Wind Turbines*. Retrieved 2015, from <http://www.amusingplanet.com/2015/11/the-bahrain-world-trade-center-has.html>
- [5] Lajos, D. B. (2010, May.). *Épületek körül kialakuló szélnyomás hatása*. Retrieved from A Magyar Mérnöki Kamara Épületgépészeti Tagozatának lapja: <https://www.egepesz.hu/cikkek/3422-az-epuletek-korul-kialakulo-szelnymas-hatasa>
- [6] Pál, d. B. (2005). Városi szélerőenergia – a Szabadság Tornya és a többiek. *ENERGIAELLÁTÁS, ENERGIATAKARÉKOSSÁG VILÁGSZERTE* (p. 55–59.) (44. k. 3. sz.). BME OMIKK, Hungary.
- [7] Ragheb, M. (2014, 10 12). *Wind Turbines in the Urban Environment*. M. Ragheb. Retrieved from <http://www.ragheb.co/NPRE%20475%20Wind%20Power%20Systems/Wind%20Turbines%20in%20the%20Urban%20Environment.pdf>
- [8] Robin. (n.d.). *The Wind Tree*. Retrieved 2016, from <http://talkingbeautifulstuff.com/2016/02/09/the-wind-tree/>
- [9] Scribd, Magdi Ragheb and Adam Ragheb. (2011). *Wind Turbines Theory - The Betz Equation and Optimal Rotor Tip Speed Ratio*. In *Fundamental and Advanced Topics in Wind Power* (pp. 19-38). InTech.



EMBERI ERŐFORRÁSOK  
MINISZTERIUMA

SUPPORTED BY THE ÚNKP-17-1-I-OE-779/17 NEW NATIONAL  
EXCELLENCE PROGRAM OF THE MINISTRY OF HUMAN CAPACITIES

# Modern Logisztikatudományok, rendszerlogisztika a hálózatok művészete

## Modern Logistics Sciences, systemlogistics is the art of networks

Lányi Márton

Óbudai Egyetem, Biztonságtudományi Doktori Iskola, Budapest, Magyarország

mlanyi@freemail.hu

**Összefoglalás** — A hálózatok tudománya központi kérdéssé vált minden tudományterületen, de a logisztikában kiemelten. Az infokommunikációs forradalom eredményeként új tudományterület körvonalazódik a logisztika és ellátási lánc menedzsment területén, ez a rendszerlogisztika. A cikk tisztázza a kapcsolódó fogalmak körét, a kialakulás előzményeit és meghatározza az elemeit.

**Kulcsszavak:** rendszerlogisztika, hálózatok, rendszer, infokommunikációs forradalom

**Abstract** — The network sciences became one of the most important research area of our age, but especially important in logistics. A new science field is about to be born in the field of logistics and supply chain management, it is called the systemlogistics- as a result of the infocommunicational revolution. The article deals with the definitions around the topic, the circumstances of the evolution and defines the elements of the systemlogistics.

**Keywords:** systemlogistics, networks, system, infocommunicational revolution

### 1 BEVEZETÉS

A logisztika és annak fogalomköre jelentős módosulásokon ment keresztül az idők során, ezt a változást inkább fejlődésként kell felfogni, mint fundamentális változásként. Az egyes fejlődési fokok vagy lépcsők mind a logisztika, mint átfogó, rendszerismeretű tudomány kialakulása irányába mutatnak.

Ilyen fejlődési lépcsők a globalizáció előrehaladtával kialakuló ellátási láncok megjelenése, vagy a kilencvenes években teret hódító internet által gerjesztett változások logisztikai adaptációja. A jelen kor újabb kihívás elé állítja a logisztikatudományt és alkalmazkodásra kényszeríti. A világon infokommunikációs forradalom zajlik. A digitalizáció önmagában csak az analóg, papír alapú technológiák és folyamatok gépesítését jelenti, ugyanakkor számos további fejlődési tendencia alapját is képezi.

A jövőben értéket képviselő potenciálok már köznevesítve szerepelnek a szakajtóban, ilyen a Big Data<sup>1</sup>, IoT<sup>2</sup>, ipar 4.0, illetve a logisztika 4.0, melyekről

<sup>1</sup> Big Data: adatbányászat, mely nagy mennyiségű adatfolyamot értelmez

jelenleg intenzív diskurzus folyik. A fogalmak mögött rejlő jelentéstartalmak még nem kiforrottak, az azoktól várható hozzáadott értékek még nem definiáltak. Jelen cikknek nem célja e fejlesztési területek mélyebb kutatása, viszont rá kíván mutatni, hogy a logisztikatudományokat a jelenben és a múltban befolyásoló tényezők jelentős része kötődik a hálózatok tudományához. A cikk több tudományterület interdiszciplináris együttműködésének alapjait kívánja tudományos jelleggel vizsgálni.

### 2 SZAKIRODALOM ÉS KUTATÁSI MÓDSZERTAN

Cikkemben az elmúlt évtized logisztikai rendszerekkel és hálózatokkal kapcsolatos kutatásait veszem aktuális álláspontnak, melyek részint egyéni megállapításokat, részint általános konklúziókat vontak le [1,2], de törekedtem az egyes megközelítések hazai fejlődésének bemutatására is.

A logisztika és ellátási lánc fogalma a szakirodalomban több korábbi meghatározás szintéziseként jelenik meg. Jellemzően, felsorolásszerűen idézik a források által definiált jelentéseket, majd saját következtetést vonnak le és új definícióval szolgálnak [3,4,5,6,7,8]. A cikk a hálózat és rendszerelmélet szempontjából releváns részeket dolgozza fel és eltekint az alapfogalmak újabb értelmezésétől. Több, neves professzor, sokat hivatkozott műveit kiindulási alapként tekintem [9,10,11,12].

A hálózattudományt Barabási Albert László, az Egyesült Államokban kutató professzor korszakalkotó munkáját [13,14,16] alapul véve logisztikai szemlélettel egészíttem ki, melyben Estók [1,16,17] és Cservényi [2] munkásságát használtam fel. A hálózatok matematikai leírására használt gráfelmélet Barabási, Friedler és Kovács [18,19] kutatási eredményeit alkalmazza.

### 3 RENDSZER A LOGISZTIKÁBAN

„A logisztika filozófiájának klasszikus definíciója szerint, olyan gondolkodásmód és ebből fakadó tevékenység, mely ellátási és szolgáltatási folyamatok egymáshoz kapcsolódó részrendszereit átfogó tudományos szemlélettel szintetizálja” [9]. Knoll 1999-ben megjelent könyve tényszerűen rámutat, hogy a logisztika valójában nem csak egy tevékenység, hanem egy gondolkodásmód is egyben.

<sup>2</sup> Internet of Things: dolgok hálózata, ahol eszközök kommunikál egymással

Ez a megközelítés közel áll jelen kutatás gondolatmenetéhez, hiszen magába foglalja mindazon megállapításokat, melyek a további következtetések alapjai:

- A logisztika rendszereket kezel.
- Ellátási (és szolgáltatási) folyamatok állnak a tevékenység középpontjában.
- A logisztika szintetizál.<sup>3</sup>

A rendszerek és hálózatok kapcsolata a logisztikával valójában ennél még régebbre nyúlik vissza, hiszen „*Pfohl 1972-es definíciója szerint: A logisztika tartalmaz minden olyan tevékenységet, amellyel egy hálózatban mozgásokat és tárolásokat alakítanak ki, irányítanak és szabályoznak. Az együttes működés a hálózatban tárgyak és információk áramlását indítja meg úgy, hogy teret és az időt minél eredményesebben hidalják át. Gysi 1975-ös definíciója szerint: A logisztika nem más, mint a rendszerelmélet alkalmazása az anyagáramlás területén. Jünemann 1989-es definíciója szerint: A logisztika anyagok, személyek, energiák, és információk rendszereken belüli áramlásának tervezésével, szervezésével, irányításával, és ellenőrzésével foglalkozó tudomány.*” [20]

Knoll azonban továbbmegy és eljut a következő definícióhoz: „*A logisztika összefüggő gazdasági és társadalmi folyamatok átfogó, egyben integrált kezelésének tudománya. Célja a mikro-, és makro környezet hatásvizsgálataira folyamatosan támaszkodva, a lehetséges maximális gazdasági és társadalmi eredmény elérése.*” [9]

A logisztika definíciójában nem szerepel többé áruforgalom, árumozgatás vagy készletezés, a fogalom kiteljesedik az egész makro környezetre. Megjelenik az *integrált és átfogó* együttműködés, mint a logisztikai tevékenységek alapja. Knoll az ellátási láncot, „*logisztikai ellátási lánc*”-nak nevezi, mely túlnyúlik a vállalat határain és az egyes alrendszereinek a kapcsolódásának „*zavartalan megvalósítása a logisztika egyik legfontosabb feladata*” [9,p.9].

A korai megfogalmazás szerint a logisztika tehát eszköz az ellátási lánc megszervezésére, folyamatainak integrált, átfogó szintetizálására. Ezen a megközelítésen azonban a tudomány mára részben túlhaladott. Az integráció kifejezés később felváltotta a szintetizálást, „*azzal az indokkal, hogy változások hatnak a vállalati átszervezésben az ellátási láncra, ahol egyszerre integrációt és teljes- vagy részleges átalakítást szükséges megvalósítani.*” [16,p.48] A vállalati átszervezés alapvető eszköze a BPM (Business Process Management), melynek alapja az üzleti folyamatszervezés (BPR-Business Process Reengineering), illetve annak speciális ága, mely az ellátási lánc folyamataira koncentrálna (BPR/SC, Business Process Reengineering/Supply Chain). A folyamatok optimalizálása az ellátási lánc előtérbe kerülésével több figyelmet kap a funkcionálisan szervezett logisztika mellett.

A logisztikai gondolkodásmódból fakadóan a logisztikus egy olyan szakember, aki „*a folyamatok alrendszerait önmagukban (mikro-elem), illetve összefüggő egészként (makro-rendszer) megszervezi, ha lehetősége van rá irányítja, sőt megfelelő koordináló és értékelő munkát is elvégzi*” [9,p.13]. Összegzésként a

<sup>3</sup> szintetizál: (görög) Összegez, különféle elemekből egységbe ötvöz

logisztikai értékteremtés ide vonatkozó pontja alatt Knoll kiemeli, hogy „*olyan ellátási láncot kell kialakítani, melynek elemei önállóan is működjenek ugyan, de egy állandó makro rátekintést, illetve átfogó kezelést a logisztika biztosítson*” [9,p.22].

Erre a vállalaton túlnyúló feladatra külön koordinációs osztályt javasol, melyet átfogó jellegénél fogva tipikus logisztikai feladatként említ [9,p.133]. A kooperációra közös infrastruktúrát (IT), beruházást és üzemeltetést javasol. Megjelenik egyfajta centralizált vállalatok feletti tevékenység, egy virtuális kooperáció, mely közös érdekeltség alapján, de a vállalatok önállóságát megtartva jön létre [9,p.139].

A fenti gondolatok új megvilágításba kerültek a hálózatközpontú logisztika [16] gondolatával, melyet a modern kori rendszerlogisztika előfutárának tekintek. A rendszerlogisztika (systems logistics) kifejezést ugyanis már Hutchinson is használta 1987-es könyvében [21], melynek fő feladatát, az összevont operatív és a termékértékesítés utáni logisztikai feladatok összességében jelölte meg. A rendszerlogisztikát az operatív logisztikánál tágabb fogalomban határozta meg, mely alaptulajdonságaiban is eltér, miszerint az előbbi a statisztikák és a matematikai valószínűség számítás vezérli, míg utóbbit kifinomult piaci előrejelzések és aktuális vásárlási adatok.

Knoll szemléletét tovább erősítik Földesi és szerzőtársai [3], akik szerint szükség van „*a logisztikai vonzatú tevékenységek az eddigénél is átfogóbb (globális) szemléletére, annak érdekében, hogy jobban megismerjük azok egymás közötti kapcsolatait és egymásra gyakorolt hatását...*”, illetve említést tesz a rendszerelmélet közismert tételéről, miszerint „*a rendszer részrendszereinek szub-optimuma nem feltétlenül jelenti az egész rendszer optimális viselkedését*” [3,p.10]. Ez a megállapítás az előzőekben bemutatott Knoll-i centralizált logisztikai elképzelés és gondolatmenet alapja.

A jelen cikk szempontjából még fontos, hogy az úgynevezett M elvekben (idővel az M-ek száma nőtt:6M,7M...) az M minden esetben megfelelőséget jelent, amely ismét rávilágít, hogy nem feltétlenül a legjobb megoldást kell választani, hiszen egyes elvek konfliktusba kerülhetnek egymással. Tipikus ellentmondás a legjobb ár, legjobb szolgáltatás, leggyorsabb kiszolgálás hármasa, melyből általánosan bármelyik kettő teljesülhet, de mindhárom együtt ritkán. A logisztikai rendszer bármely területén végrehajtott változás kihat a rendszer más területeire és ott változásokat okoz. Az egész rendszerre kiható együttes döntések hatás-elemzések technikáját, angol kifejezéssel trade-off analízisnek nevezzük.

Az ellátási láncot a logisztika részeként definiáló meghatározások sora végeláthatatlan [22,23]. Földesi és szerzőtársai egy rövid definícióban foglalják össze a lényegét: „*A logisztika anyagok, információk áramlásának szervezése, irányítása valamely tudatosan választott célrendszer megvalósítása érdekében. Vagyis a logisztika a gazdasági életben a teljes ellátási lánc szervezésével és irányításával foglalkozik*” [3,p.12].

A rendszerlogisztika, mint fogalom értelmezéséhez elkerülhetetlen a logisztika két elkülönült szintjének a bemutatása. Ezek a szintek a mikro és makro logisztikai rendszerek. Leegyszerűsítve, „*a mikro logisztikai rendszereket azonosítjuk a vállalati logisztikával, a makro*

rendszereket a regionális és hálózati logisztikai logisztikával.” [3,p.13] A legtöbb kutatás a mikro szinttel foglalkozik, de a makro logisztika is egyre több figyelmet kap.

A manapság végbemenő infokommunikációs forradalom lehetővé teszi a korábban elképzelhetetlen méretű kooperációt, mely már messze nem csak vállalatok közötti együttműködésről szól, hanem a Knoll professzor által a XXI. századi logisztika definíciójaként meghatározott *maximális gazdasági és társadalmi eredményről*. A Knoll-i koordináció, kooperáció, kommunikáció hármasa adja az operatív megvalósítás alapját.

A jövő együttműködését a legjobban az angol eredetű mozaikszó a cooptation [4,p.38] írja le. A cooptation két szó keveréke, a cooperation (együttműködés) és a competition (verseny) szavak elegye és hüen adja vissza, hogy az egyes rendszerekben együttműködő felek adott esetben egymás versenytársai is egyben. Magyar kifejezéssel együttműködő rivalizálásnak vagy versengésnek hívnám. Az együttversenyzésre példa a sportéletből az egyéni sportágakban a klubtársak esete, akik adott helyen és időben ádáz ellenfelek, de a versenypályán kívül segítő együttműködők.

„A gazdasági és társadalmi rendszer eredményességének hátterét egy jól közreműködő logisztikai folyamat képi, de azt az ellátási lánc, vagy ellátási láncrendszer alapozza meg” [16,p.45], melyből „jól látható, hogy a logisztikát csak rendszerszemléletben lehet hatékonyan működtetni.” [3,p.34] A logisztika elméletében és gyakorlatában is kialakította a rendszerlogisztikai megközelítés alapjait.

#### 4 RENDSZER AZ ELLÁTÁSI LÁNC MENEDZSMENTEN BELÜL

A cikknek nem célja az ellátási lánc menedzsment kialakulásával és annak körülményeivel behatóan foglalkozni. A fogalmi kör kialakulása során azonban a hálózatok és rendszerek kifejezések definíciószerű említése meghatározó motívum, habár azok mélyebb értelmezésére nem mindig kerül sor. Az ellátási láncok és hálózatok, rendszerek szoros kapcsolatára utaló legelfogadottabb definíciók közül álljon itt néhány definíció részlet.

„Az ellátási lánc egy rendszer...” [24]

„Az ellátási lánc szervezetek hálózata...” [12]

„Az ellátási lánc berendezések, eszközök, elosztási alternatívák hálózata...” [25]

„... a lánc tulajdonképpen... a vállalatok körül létrejött hálózatok egy adott keresztmetszete...” [26]

„... ellátási lánc kifejezésen logisztikai hálózatot értünk...” [27]

„Az ellátási lánc a folyamatok és készletezési pontok célirányos hálózata...” [28]

A jelenlegi elfogadott álláspont szerint az ellátási láncra, inkább az ellátási hálózat kifejezést kell alkalmazni, hiszen a láncok bonyolult, szövevényes hálózatot alkotnak. A szakirodalomban megjelenik a hálózati szemléletmódot tükröző 3. generációs ellátási lánc. [4,p.24]

Joggal gondolhatnánk, hogy az ellátási lánc menedzsment egy logisztikai tevékenység és, ahogy az előzőekben láttuk, a 2000-es évek elejéig ez a gondolkodás volt a mérvadó. Ekkor viszont megjelent az

ellátási lánc menedzsment, mint külön tevékenység. Elfogadott definíciója [29] szerint: „Az ellátási lánc minden olyan tevékenységet magában foglal, amely a termék előállításával és kiszállításával kapcsolatos, a beszállító beszállítójától kezdve a végső fogyasztóig bezárólag. A négy folyamat – a tervezés, a beszerzés, a gyártás, a kiszállítás – amely az ellátási láncot meghatározza, magában foglalja a kereslet-kínálat menedzselését, az alapanyagok és alkatrészek beszerzését, a gyártást, az összeszerelést, a készletezést, a rendelésfeldolgozást, a disztribúciót és a végső fogyasztóhoz való kiszállítást”.

A SCOR modell (supply chain operational reference) nem más, mint „a hatékony kommunikáció modellje, amely magába foglalja a benchmarkingot, az üzleti folyamatok gyökeres újjászervezését (business process re-engineering, BPR), a folyamatok mérését stb.. Míg az ISO 9001 nem foglalkozik a számvittel és a pénzügyi funkciókkal, a SCOR a működő előnyök mellett a pénzügyi eredményeket is számba veszi.” [30] A „logisztika tudományok határait átlépő, ellátási lánc olyan tudományterületeket vonz magához, amely már nem a logisztika területéhez tartozó alrendszernek számít, hanem az interdiszciplináris tudományok területéhez.” [16,p.47]

Az ellátási lánc túlnőtt a logisztikán és hódító útjára indult. Az ellátási lánc fókuszba kerülése egyre nyilvánvalóbb, hiszen egyetemi szakokat, tanszékeket és vállalati egységeket neveznek át logisztikáról ellátási lánc menedzsmentre. A logisztika értelmezése a továbbiakban egy vállalat funkcionálisan szervezett tevékenységét jelentette.

A jövőben nem gyárok, hanem ellátási rendszerek fognak hálózatként egymással versenyezni és szükség szerint együttműködni, így azok egy meghatározó, központi, értékteremtő erővé válnak. Cserenyi [2] munkájában rámutat, hogy „az erőforrás-áramlás optimalizálása érdekében a logisztika át kell, hogy fogja az erőforrás-áramlás teljes vertikumát. A hatékonyság fokozásához a folyamatszémleletnek, rendszerszemléletnek túl kell lépnie a vállalat, az egyes elemek szerepkörének vizsgálatán, és összességében szükséges vizsgálni a folyamatban résztvevő szereplőket és azok kapcsolódási felületeit”.

A rendszerlogisztika fogalmi értelmezésének igényéhez éppen az a felismerés vezet el, miszerint a logisztika vállalaton belül, funkcionálisan szervezett, az ellátási lánc vállalatokon is átívelő folyamat köré szervezett, de szükség mutatkozik egy vállalatokon átívelő, funkcionálisan szervezett tevékenység definiálására is. A rendszerlogisztika ennek érdekében, a logisztika és az ellátási lánc hálózat rendszerszemléletű elemeit kell, hogy szintetizálja.

#### 5 HÁLÓZAT ÉS RENDSZER KAPCSOLATA

A rendszerlogisztika értelmezéséhez szükséges a hálózat és rendszer fogalmak tisztázása. A hálózatok fogalmáról publikált Munk Sándor egy tanulmányt [31]. A cikk alaposan körbejárja a hálózat szó jelentését és értelmezési variációit. Főbb következtetései elvezetnek a hálózati topológia világába.

Alapvetően kétfajta hálózatot különböztet meg. „Az első csoportot a vonalnak nevezhető hálózatok képezik, amelyekben az alapvető, elsődleges elemek vonalas objektumok (folyók, erek, utak, stb.) és kapcsolataik ezek

találkozásai képezik. A második csoportba tartozó hálózatok központi elemei a csomópontok és a kapcsolatokat az ezek között fennálló fizikai, vagy absztrakt összeköttetések, összefüggések alkotják.”

Rendszerlogisztikai szempontból már ez a topológiai megfigyelés is jelentős. Míg korábban az ellátási láncokat „láncszerűen” ábrázolták, azaz az egyes résztvevők egymást követő sorban kapcsolódtak egymáshoz, a legújabb ábrázolások már inkább egy egymáshoz több ponton kapcsolódó topológiát mutatnak. Munka a hálózat általános fogalmát is közli, összefoglalóan: „meghatározott tulajdonságokkal rendelkező elemek (csomópontok) és az ezek között fennálló, meghatározott tulajdonságokkal rendelkező kapcsolatok összessége.”

A hálózatok esetében a legfontosabb a kapcsolat létrejötte, mégpedig valamilyen tulajdonság szerinti azonos elemek kapcsolódása. Egy logisztikai hálózatot a logisztikai tulajdonságuk köt össze. A hálózat viszont önmagában nem feltétlenül szervezett és a kapcsolódás nem feltétlenül jelent közös célrendszert és tevékenységet, bár annak lehetőségét kétségtelenül magában hordozza, éppen az összekapcsoltság miatt. A hálózat tudomány a hálózatok kialakulásának módjával, topológiájával és jellemzőivel foglalkozik. A tudomány célja a sérülékenység és a külső támadások természetének a megértése, hogy idővel modellezni tudják például egy vírus terjedési sebességét. Newman feladat meghatározása összeköttetést jelent a rendszerek világával, miszerint „a hálózat tudomány a rendszerek struktúráját tanulmányozza. [32]

A rendszer és a hálózat kapcsolata úgy írható le, hogy a rendszer „mindig több mint egy 'hálózat', sőt ugyanazt a rendszert különböző vizsgálati szempontok, nézőpontok alapján különböző 'hálózatok' írják le, különböző hálózatoknak tekinthetők [31]. Hogy miben áll az, hogy a rendszer több mint a hálózat, a rendszerelmélet alapjait lehető magyar származású, osztrák kutató, Bertalanffy definíciója könnyíti meg. Értelmezésében „... a rendszer kölcsönhatásban lévő elemek együtteseként értelmezhető, ahol az elemeket fizikai vagy fogalmi entitásnak (valamely dolog tulajdonságának az összessége) értelmezzük.” [33] A meghatározás egyértelműsíti, hogy akkor nevezhetünk egy hálózatot rendszernek, ha azok elemei együttesen is értelmezhető egységet mutatnak.

A mai magyar nyelvben a rendszer szó gyakran megjelenik egyes hálózatok definíciójaként, ahogy a megelőző mondatban is szerepel, de ez nem összekeverendő a lényegi különbséggel, miszerint a rendszer mindig egy célra szervezett, az elemei szükségszerűen közreműködnek és az egyes változások kihathatnak az egész rendszerre.

Egy elfogadott rendszerdefiníció szerint: „A rendszer egy értelmezés szerint egymással kölcsönhatásban, kapcsolatban álló elemeknek olyan együttese, amely meghatározott körülmények között egészként szemlélhető. A struktúra pedig az elemek elrendeződésének, kapcsolódásának módja, formája.” [34]

A struktúra tehát a hálózat, melynek kutatását a hálózat tudomány tűzte ki célul. Az Egyesült Államokban kutató, magyar származású, Barabási Albert László a véletlen hálózatok kialakulását és működését a hálózatok topológiáján keresztül vizsgálja. A 2000-es évek elején publikált, máig is sokakat foglalkoztató, skálafüggetlen hálózatok elméletével [13] alapjaiban változtatta meg a

hálózatok kutatási irányait és új lendületet adott több tudományterület képviselőinek.

Elsőként jött rá szerzőtársaival, hogy a véletlen hálózatok topológiája eltér a korábbi, szintén magyar matematikus szerzőpáros Erdős és Rényi által felvázoltaktól. A lényeges eltérés a csomópontok fokszám-eloszlásában van, mely Erdős és Rényi esetében a véletlen következménye, tehát poisson-eloszlást követ, míg Barabási felfedezése az volt, hogy az hatvány-eloszlású.

Ez a matematika nyelvéről lefordítva, annyit tesz, hogy egyes csomópontok, központi csomópontként magukhoz vonzzák a legtöbb kapcsolatot, így kialakul egy olyan topológia melyben kevés nagy és egyre több kis csomópont van. A feltevést több véletlen hálózaton is kutatták (internet, színészek, tudományos kutatók kapcsolatai) és mindenhol alátámasztva látták az elméletet. Jelen cikk szempontjából fontos momentum az, hogy a természet is követ egy adott topológiát, mely vezérli az egész életünket és jelenleg megmagyarázhatatlan módon az emberi struktúrák egy része is követi azt.

Egy rendszer nem feltétlenül hálózat alapú. A köznyelvben a rendszeres szót használjuk minden olyan élethelyzetre, amikor egy jelenség ismétlődést mutat. A rendszeres szó itt is egy mesterséges háttérre, rendezettségére utal, de nem feltétlenül hálózati struktúra az alapja. Rend akkor van mikor az ember számára értelmezhető módon megjelenik vagy létrejön egy logikai struktúra.

A rendszer alapja lehet egy hálózat, melyet a hálózat tudomány vizsgál, de nem szükséges feltétele a hálózat egy rendszer létrejöttének. A hálózat önmagában csak az összekapcsoltságot jelenti. Egy közlekedési hasonlatban a hálózat az autópálya, a rendszer viszont magába foglal mindent és mindenkit, aki a közlekedéssel kapcsolatba hozható. A rendszer és hálózat fogalmakról elmondható, hogy több párhuzamos értelmezésük van, melyekről nehéz eldönteni melyik helyes, vagy helytelen. Mind a köznyelvben, mind a tudományos nyelvzetben keverten léteznek. A továbbiakban a saját meghatározásomat használom a rendszer fogalom alapjaként.

A rendszer véleményem szerint, logisztikai értelemben véve, mesterségesen irányított struktúra, mely központilag szervezett kell, hogy legyen. A rendszerlogisztika ebben a megközelítésben, logikai struktúrák tervezésének és szervezésének a tudománya.

## 6 A RENDSZERLOGISZTIKA CÉLJA ÉS ESZKÖZEI

A cikk eddigi tartalma arra koncentrált, hogy a rendszerlogisztikát tudományos módszerrel, a tudományterület körbehatarolásával és az aktuális kutatási eredmények, tézisek bemutatásával megalapozza. A következő feladat a cél- és eszközrendszer meghatározása.

A rendszerlogisztika célja, hogy értéket teremtsen. Az érték teremtése ebben a környezetben az ellátási folyamatok magasabb szintű szervezése, ahol már nem csak az áru, anyag és információ áramlását kell megszervezni, hanem tekintettel kell lenni a kapcsolódó hálózatokra gyakorolt hatásukra is. Az egyes áramlási irányok logisztikai ábrázolásában az egymásutániség jelenik meg a leggyakrabban. Egyes folyamatok befejezte

után jön egy következő, melyet az adott áramoltatott tényező megelőz, együtt mozog vele vagy követi [9] azt.

A rendszerlogisztika célja ezek együttes szervezésének a megvalósítása. Az információ ebben az esetben nem a folyamat része, hanem központilag szervezett, JIT (éppen időben) rendelkezésre álló. A mai kor feladata, a nagymennyiségű rendelkezésre álló adat, információ megszerzése (ez a Big Data), mely időközben kéretlen módon is kétirányúvá vált, sőt most már eszközök is kommunikálnak egymással (IoT).

A jövőben várható a fentiek tervezésére és szervezésére egy IoT szervezet vállalati megjelenése, élén egy IoT vezetővel, mely az ipar 4.0 megvalósításának egyik pillére kell, hogy legyen. Az okos megoldások kialakítása és szervezése a jövő nagy feladata, melyet nem lehet csupán egy területen jártas szakemberre bízni. A megfelelő szakember interdiszciplináris tudással bír, melyet akár vállalatokon átívelő feladatkörben kamatoztat. Az infokommunikáció a kor elvitathatatlan hajtómotorja, jelentősége óriási, de még nem tanultunk meg bánni vele.

Estók munkájában megjelenik két világszintű központ [1], melyek a rendszerlogisztika menedzsment központjai és a fenti probléma lehetséges megoldási eszköze. Más megoldást kínálnak az egyre másra felbukkanó szilíciumvölgyi start-up-ok. A Bitcoin kriptovaluta háttértechnológiája, a blockchain, lehetővé teszi elosztott adatbázisok kezelését, ezáltal egy bizalmatlansággal teli hálózatban biztonságos információ és egyedi elektronikus jószágok (pénz, dokumentum stb) cseréjét is biztosítani tudja. A kezdő vállalkozások továbbá nem-fogyasztókat tesznek fogyasztókká és nem-szolgáltatókat szolgáltatóvá. Ilyen az Uber vagy az Airbnb. Aki korábban nem engedhette meg, hogy hotelben aludjon vagy taxival járjon, most megteheti, de olyanokkal, akik eddig nem taxiztak és nem foglalkoztak vendéglátással, ez az un. sharing economy legnagyobb vitapontja. Képes-e a piac önmagát szabályozni? Kialakulhat-e egy igényre reagáló üzleti megoldás? Az egyén képes-e racionális, esetenként az egész rendszert figyelembe véve döntést hozni?

Részünkről most az a tény fontos, hogy egy magas szinten megszervezett rendszerben lehetséges az egyes felmerülő igényeket adni és fogadni, akár a legalsóbb szinten, ekkor a köztes szervezeti szintek eltűnhetnek, de a rendszer egészét továbbra is irányítani, az igény eltolódásokra központilag reagálni szükséges. Az egyik nagyon fontos eszköz a végrehajtói szintekre vonatkozó szabványok kidolgozása, vagy az elégséges szolgáltatási színvonalra vonatkozó általános közmegállapodás elérése, mellyel biztosíthatjuk egyes szolgáltatások színvonalát, vagy a logisztikában növelhetjük a megbízhatóságot.

A közelmúltban alakult ki a hálózatközpontú gondolkodás, mely olyan elemeket kapcsol össze, amelyeket korábban elképzelhetetlen volt. A gondolkodásmód megjelenik több tudományterületen, például a hadtudományokban (hálózat központú hadviselés) és a logisztikában is (hálózat központú logisztika/HKL [16]).

A hálózat központú logisztika korai definíciója szerint: „Az információ és hálózatközpontú műveletek koordinált együttműködését és hálózatok közötti partneri kapcsolatokat jelenti, amelyek az információra, az információ alapú folyamatokra és az infokommunikációs rendszerekre épülnek. Az információ a logisztikai hálóból, ellátási láncokból és a vállalati partnerektől

kapott kép, hang, videó, adat, digitális jelformátum alapján képes a kezdő ponttól a végpontig áramlani és támogatni a logisztikai hálók céljainak megvalósulását. Így a hálóikat, rendszereiket és folyamataikat hatékonyan optimalizálhatják, tevékenységeiket a szinergia hatáselemek áramlásával és hálói közrehatásával fokozzák. Eredményeiket minden hálóban a valós és egyidejű információáramlással növeljék a nagy térbeli kiterjedésű elhelyezkedés körülményei között is.”[16,p.71]

A hálózat központú logisztikát a rendszerlogisztika előfutárának tekintem, mely a korábban bemutatott rendszerelméletek alapjain nyugszik. A szerző tájékoztatása szerint, a HKL elmélete már a fentiekhez képest is továbbfejlődött. Újdonsága a hálózatok horizontális és vertikális összekapcsoltságának a megteremtésében van.

Más szerzők a rendszerszemléletet, mint lehetséges eszközt mutatják be: „A rendszer lényegét tekintve egymással kölcsönhatásban lévő elemek, változók, részek, vagy objektumok halmaza, amelyek funkcionálisan kapcsolatban állnak egymással és összefüggő csoportot alkotnak. Röviden a rendszert úgy definiálhatjuk, mint egymással kölcsönhatásban lévő elemek halmazát. Ezek a rendszerelemek lehetnek különböző erőforrások, úgymint anyagok, berendezések, szoftver, adat, szolgáltatás, személyek stb. Maguk a rendszerek is különböző formában jelenhetnek meg, pl. termelőüzem, kereskedelmi áruházlánc, informatikai hálózat, energiarendszer, közlekedési rendszer stb. A rendszer egészének megfelelő működése fontosabb, mint a részeké külön-külön!”[3,p.34].

A rendelkezésre álló eszközök körül a trade-off analízis nyújt segítséget a rendszerben keletkező összhatások elemzésére. Az egyik nemkívánatos hatás az un. ostorcsapás effektus, mely az egyik tagnál felmerülő probléma (például készlethiány) láncon keresztüli kumulálódása. Amennyiben egy rendszerben előfordulhat az ostorcsapás effektus, annak szereplői bearázzák a pénzügyi hatását. Ebben az esetben beszélhetünk hatványeloszlásról, hiszen kevés számú eset fog hatalmas pénzügyi károkat okozni. Ezek kizárása az egész rendszer költségét csökkenti, más szóval értéket teremt. A központi vállalatoknak tehát közvetlen érdekében állna egy közös rendszerlogisztikát „coopetition” formában működtetni.

A rendszer így nem egy vállalat ellátási hálózata, hanem egy nagyobb iparági rendszer, ahol több versenytárs is részt vesz. Ostorcsapás ugyanis ezekben a rendszerekben éppen a szinergiára való törekvés, vagy a skála-független természet miatti nagy beszállítói átfedések eredményeképpen, egy másik ellátási láncra is kihathat. A megoldás a pontos hálózati topológia feltérképezése és adekvát matematikai eszközök azonnali alkalmazása.

Szegedi [4] a rendszerintegrátor-menedzsment (RM) szemlélet alatt a vizsgálandó folyamatok körét a még általunk jól átlátható méretűre szűkíti. Magyarázata, hogy a teljes ellátási lánc átlátására „ma nem vagyunk képesek”, helytálló, de a rendszerlogisztika az új technológiák megjelenésével éppen erre vállalkozik.

Bárhonnan nézzük, a rendszerlogisztika kialakulófélben van, annak alapcéljait korábban már több szerző is meghatározta, de eszközrendszere nincs definiálva, annak működésére még nincs példa. Lényeges különbségnek vélem az eddigi menedzsment folyamatokkal szemben a döntési időfaktort, mely radikálisan lerövidült. A

rendszereket nem csak átlátni szükséges, hanem minden időpontban ismerni kell annak állapotát és képesnek kell lenni azonnali beavatkozó döntéseket hozni. Mindez csak fejlett infokommunikációs és matematikai eszközök, algoritmusok alkalmazásával lehetséges.

A matematikai eszközök közül kiemelt szerepet kapnak a gráfok, melyek a hálózatok modellezésére és optimális útvonalak meghatározására a legalkalmasabbak. A rendszerlogisztika számára a hasonló problémákra már bizonyítottan jól használható matematikai algoritmust eredményező [18,19] irányított P-gráfok felhasználása több szempontból is alátámasztott.

A legfontosabb, hogy „*az optimalizálás során egy algoritmussal előállíthatóak azok a P-gráfok, melyek kombinatorikusan megvalósítható hálózatokat reprezentálnak. Fontos, hogy csak a kombinatorikusan megvalósíthatóakat! Egy irodalmi példában adva volt 35 műveleti egység, tehát ebből  $2^{35}$  féle hálózatot lehetne felépíteni. Ez több mint 34 milliárd hálózat, amit ha egy programmal végig akarunk nézni megvalósítható megoldások után kutatva, bizony nagyon sokat kell várni. A P-gráf módszertan megoldó algoritmusai viszont kihasználva az öt axiómát és a gráfelméleti megközelítést, csak megvalósítható hálózatokat adnak eredményül, nem vizsgálnak meg feleslegesen megvalósíthatatlanokat. Az említett irodalmi példában így 34 milliárd helyett csak 3465 különböző hálózatot néz végig az algoritmus.*”[35]

Az interdiszciplináris rendszerlogisztika eszközei csakúgy, mint maga a tudományterület kialakulóban van, melyet mind a matematikai kutatások, mind az infokommunikáció fejlődése gerjeszt. „*Az elmúlt évtizedek fejlődését követően a modern logisztikatudomány kapuja még nagyobbra nyílik, hiszen az előttünk álló fejlődés üteme egyre gyorsabb és gyorsabb lesz a közeli és távolabbi jövőben.*”[1]

## 7 ÖSSZEFOGLALÁS

A cikkben kísérletet tettem egy új tudományterület, a rendszerlogisztika minél pontosabb behatárolására. A kutatásom során feltártam a rendszerlogisztika kialakulásának előzményeit és az arra ható elméleteket sorba vettem. Meghatároztam a rendszerlogisztika célját és az ahhoz kapcsolódó eszközrendszert. Az eszköz oldalon úgy gondolom, a jövő kutatásai még hoznak újabb, innovatív megoldásokat.

A tudományterület kialakulását a jelen kor infokommunikációs forradalma teszi lehetővé, mely új interdiszciplináris kutatási kérdéseket vet fel a ma logisztikusai és matematikusai számára. A rendszerben, átfogó módon gondolkodás a logisztika alapja, egy ekkora feladatot csak logisztikai megközelítéssel lehet megoldani. Felmerül a kérdés, hogy a rendszerlogisztikát kell-e a fentiek alapján külön tudományterületként definiálni?

A cikk alapján a rendszerlogisztika ismérveit a következőképpen összegezném:

- Infokommunikáció alapú,
- logisztikai megoldásokat nyújt,
- funkcionálisan szervezett,
- vállalatokon átívelő,
- rendszerszemléletű és hálózatközpontú,
- rendszerek logikai struktúrájának kialakításával foglalkozik,
- mikro szintű elemek döntési szabadságának meghagyása és azok versenyző együttműködése jellemzi,
- döntési sebesség felgyorsításával versenyelőnyt biztosít,
- komplex és bonyolult rendszerek igényeit helyezi a középpontba,
- egy teljes rendszer átfogó, egyben integrált, interaktív szervezésére vállalkozik,
- interdiszciplináris tudományterületekkel kooperatíván együttműködik.

## IRODALOMJEGYZÉK

- [1] *Estók, S.*(2017):” A modern logisztikatudomány fejlődésének kapuja kitérve”, 2017, kézirat, elektronikusan a szerző által megküldve 2017.03.08-án
- [2] *Cservényi, D.* (2012):”Az ellátási lánc információs rendszereinek integrációs pontjai II. Rendszer-és folyamat-szemlélet az anyag-és információáramlás viszonylatában.” KATONAI LOGISZTIKA (ONLINE 2011-TŐL), 20(1.), 32
- [3] *Földesi, P.*(szerk.),(2006): „Logisztika I.-II.”, elektronikusan jegyzet, Széchenyi István Egyetem, Győr, letöltve: 2017.05.09, online: <http://jegyzet.sze.hu/index.php?fajl=jegyzett&tsz=lo&intz=eki&kr=mtk&PHPSESSID=9277432d94df39910a458e39afb1db4a>
- [4] *Szegedi, Z.*(2017): „Ellátási lánc-menedzsment”, könyv, (2.kiadás), Kossuth kiadó, Budapest, ISBN 97896309-8876-6
- [5] *Ványi, N.*(2012): “Members of a supply chain and their relationships”, 2012, Applied Studies in Agribusiness and Commerce, 6(5), pp. 131-134.
- [6] *Shao, J.-Sun, Y.-Noche, B.* (2015): „Optimization of Integrated Supply Chain Planning under Multiple Uncertainty”, DOI 10.1007/978-3-662-47250-7\_2, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, ISBN: 978-3-662-47249-1, p188
- [7] *Jain, J.- Dangayach, G.S.- Agarwal, G.-Banerjee, S.*(2010): „Supply Chain Management: Literature Review and Some Issues”, Journal of Studies on Manufacturing (Vol.1-2010/Iss.1) pp. 11-25
- [8] *Nashund, D.*(2010): „What is Management in Supply Chain Management? - A Critical Review of Definitions, Frameworks and Terminology”, Journal of Management Policy and Practice vol. 11(4) 2010, pp.11-28
- [9] *Knoll, I.* (1999): Logisztika a 21.században. Profitnövekedés logisztikai eszközökkel. KIT Képzőművészeti Kiadó Budapest, (3. kiadás)
- [10] *Chikán, A.* (2008): Vállalatgazdaságtan. 4., átdolg. kiad. Aula Kiadó, Budapest.
- [11] *Porter, M.E.* (2006): Versenystratégia
- [12] *Christopher, M.*(1998): Logistics & supply chain management: strategies for reducing costs and improving services (Pitman Publishing, London, 1998)
- [13] *Barabási, A. L.*(2008): Behálózva, A hálózatok új tudománya, Helikon Kiadó ISBN 978 963 227 258 0 oldal 216-236
- [14] *Barabási, A. L.*(2013): Network science. Philosophical Transactions of the Royal Society of London A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences, 371(1987), 20120375.
- [15] *Barabási, A. L., & Kepes, J.*(2010): Villanások: a jövő kiszámítható. Nyitott Könyvműhely.

- [16] *Estók, S.* (2011): „A katonai és civil ellátási lánc fejlődésének lehetőségei nemzetközi környezetben”, Phd értekezés, Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, Budapest
- [17] *Estók, S.* (2009): Hálózatközpontú integrált interdiszciplináris logisztika, *BOLYAI SZEMLE XVIII:* (3) pp.23-33. (2009)
- [18] *Bertók, B. -Kovács, Z.* (2011): „Gyártórendszerek modellezése”, Egyetemi tananyag, Pannon Egyetem, Typotex kiadó, ISBN 978-963-279-491-4
- [19] *Barany, M. -Bertok, B. -Kovacs, Z. -Friedler, F. -Fan, L. T.* (2011): „Solving vehicle assignment problems by process-network synthesis to minimize cost and environmental impact of transportation”, Springer-Verlag, DOI 10.1007/s10098-011-0348-2
- [20] *Potóczy, Gy.* (2014): „Közgazgatási logisztika”, Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Budapest
- [21] *Hutchinson, N. E.* (1987): „An integrated approach to logistics management”, Prentice-Hall, Engelwood Cliffs, New Jersey, ISBN:0-13-468976-3 025
- [22] *Cooper, J.* (1994): „Logistics and distribution planning: strategies for management.”, ISBN:0749409487, p.318
- [23] *Simchi-Levi, D. - Kaminsky, P. - Simchi-Levi E.* (2003): „Designing and managing the supply chain”, Irwin/McGraw-Hill, San Francisco
- [24] *Stevens, J.* (1989): „Integrating the supply chain.” *Int J Phys Distrib Mater Manag* 19(8):3-8
- [25] *Ganeshan, R. – Harrison, T. P.* (1995): *Introduction to Supply Chain Management*, Pennsylvania State University.
- [26] *Chikán, A. –Demeter, K.* (1999): „Értékkeremtő folyamatok menedzsmentje”, Aula Kiadó, Budapest.
- [27] *Yu, Z. –Yan, H. – Cheng, E.* (2001): *Benefits of information sharing with supply chain partnerships. Industrial Management & Data Systems*, 101/3.
- [28] *Hopp, W. J.* (2008): „Supply Chain Science.” McGraw-Hill Irwin, New York.
- [29] *Szegedi-Prezenszki: Logisztika Menedzsment*, Kossuth kiadó, (2005) ISBN: 9630947773
- [30] *Garai, T.*: „Általános és irányítási kérdések”, online: [http://www.omikk.bme.hu/collections/mgi\\_fulltext/minoseg/2004/01/0104.pdf](http://www.omikk.bme.hu/collections/mgi_fulltext/minoseg/2004/01/0104.pdf), letöltve: 2017.10.24
- [31] *Munk, S.* (2010): „Hálózatok fogalma, alapjai”, *Hadmérnök*, V. évfolyam, 3. szám, 2010 szeptember, pp.176-186
- [32] *Newman, M. E. J.* (2003): „The structure and function of complex networks.” – *SIAM Review*, 2003/2. pp.167-256
- [33] *Bertalanffy, L. v.* (1956): „General systems theory.” In: *General Systems, Yearbook of Society for General Systems Research*. Vol 1. p. 1-10; R. W. Taylor (ed.)
- [34] *Nagy, J.* (1978): „Rendszertudományok, rendszerkutatás.” – Zrínyi Miklós Katonai Akadémia, Budapest, 1978.
- [35] *Gál, T.* (2012): „Technológiai folyamatok optimalizálása”, oktatási jegyzet, Miskolci Egyetem, Műszaki Anyagtudományi Kar, kémiai Intézet



# Szabad formájú mart felületek érdességének változása a simítási irány függvényében

## The changing of the surface roughness of free-form surfaces with respect to the tool path direction

Varga Bálint\*; Dr. Mikó Balázs\*\*

\*,\*\* Óbudai Egyetem, Budapest, Magyarország

\*varga.balint@bgk.uni-obuda.hu

\*\*miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

**Összefoglalás** — Napjainkban a szabad formájú felületek egyre jobban előtérbe kerülnek mind a formatervezési, mind pedig az ergonomiai szempontokat figyelembe véve. Így az alakpontosságuk és a felületi érdességük alakulása is egyre fontosabb.

A CAM felhasználó számára nyújthat segítséget ez a cikk egy szabad formájú felület megmunkálásának bemutatása által. A munkadarabok megmunkálása során a nagyolási és elősimító stratégia megegyezett. A munkadarabok simításakor a technológiai paraméterek és a marószerszám megegyezett minden esetben, csak a simítás iránya változott.

A cikk az összetett felületek érdességének alakulását tárgyalja.

**Kulcsszavak:** szabad formájú felületek, gömbvégű maró

**Abstract** — Nowadays, free-form surfaces become more and more notable, taking into account both the design and the ergonomic aspects. So, the development of shape accuracy and surface roughness is becoming more and more important.

CAM users can assist with this article with a free-form surface manufacturing. When machining workpieces, the roughing and prefinishing strategy was same. In case of finishing of every test pieces the cutting parameters and the cutting tools were same, only the tool path direction was changed.

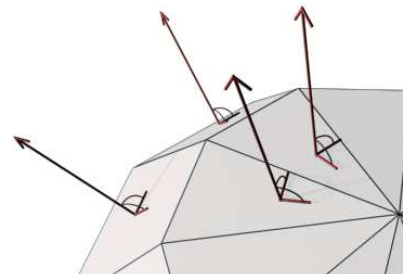
The paper deals with the roughness of complex surfaces depends on tool path direction.

**Keywords:** Free-form surfaces, Ball-end milling

### 1 BEVEZETÉS

Napjainkban a szabad formájú felületeknek egyre nagyobb a jelentősége. Ezekkel a felületekkel a mindennapjainkban is sokszor találkozhatunk. A háztartási eszközöktől kezdve az autó- és repülőiparig szinte mindenhol. A formatervezésnek és az ergonomiai szempontoknak a kielégítése csak ilyen felületek alkalmazásával lehetséges.

A szabad formájú felületeknél a felületi normális a test minden egyes pontjában más és más lehet (1. ábra).

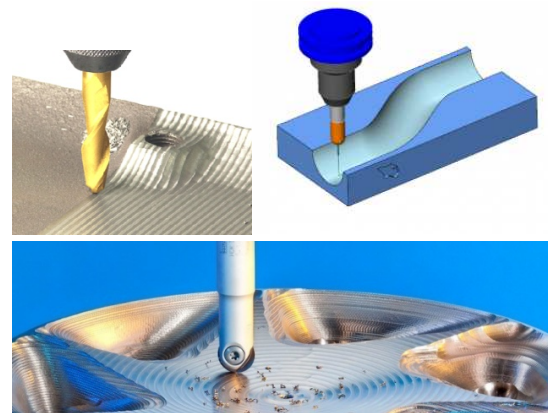


1. ábra: Felületi normális szabad formájú felületeknél

Az ilyen felületeket kétféle eljárással állíthatjuk elő: marással, vagy szikraforgácsolással. A szikraforgácsolást minden esetben megelőzi az elektródatervezés és az elektródamarás. Tehát a marás művelete elengedhetetlen mindkét eljárásnál.

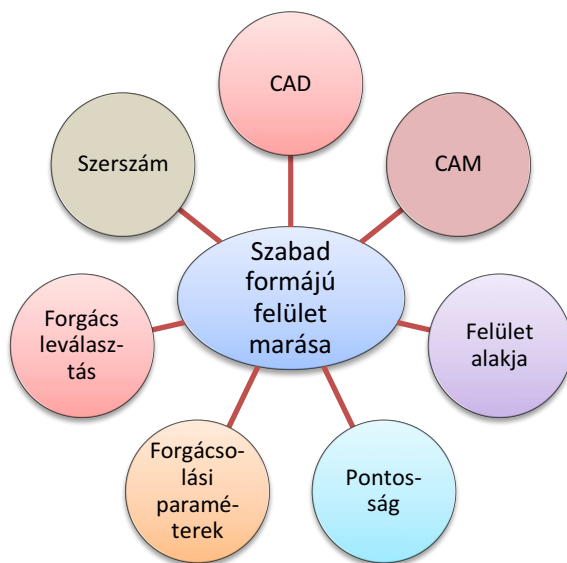
### 2 SZABAD FORMAJÚ FELÜLETEK ELŐÁLLÍTÁSA ÉS VIZSGÁLATA

A felületek előállítása tehát marás segítségével lehetséges. Ez lehet három-, öt- vagy többtengelyes megmunkálás, de azonos bennük, hogy minden esetben kell valamilyen CAM rendszert alkalmazni, és gömbvégű marószerszámot használni a gyártás során (2. ábra).



2. ábra: Szabad formájú felületek marása

A felületek vizsgálatát a szakirodalom sok szempont alapján tárgyalja. Ezeket a szempontokat a 3. ábra szerint lehet csoportosítani:



3. ábra: Szabad formájú felületek vizsgálatának szempontjai

Vizsgálati szempontok:

- CAD:  
A felületeket előállítására CAD rendszerek segítségével történik, melyek bonyolult matematikai összefüggéseket használnak. Ez a vizsgálati szempont a felületek leírásával foglalkozik [5].
- CAM:  
Számítógéppel segített gyártás (CAM) nélkül a felületek marása nem lenne megoldható. Általában három- vagy öttengelyes megmunkáláshoz máshogy nem is lehetne szerszám pályákat tervezni. A CAM segítségével különböző stratégiák használatával különböző szerszám pályák állíthatók elő. A különböző pásztázási irányok is jelentősen befolyásolják a felület minőségét. Ez a szempont a CAM rendszerekben rejlő lehetőségeket vizsgálja [1][7][8][10][14].
- Felület alakja:  
A felület alakja lehet konvex vagy konkáv, ami nagyban befolyásolja a felület minőségét. A konkáv daraboknál a gömbvégű maró sokkal nagyobb felületen érintkezik a munkadarabbal, mint a konvexnél. Ettől függően változik a forgács alakja is. A felület görbületét sem szabad figyelmen kívül hagyni.
- Pontosság:  
A gyártás során a minőségi szempontok egyre növekednek, ezért is fontos a felületek méret- és alakpontossága valamint a felület érdessége. Ez a vizsgálati szempont a minőség jellemzőit kutatja [4][12].
- Forgácsolási paraméterek:  
Ezek a paraméterek leggyakrabban a forgácsolósebesség ( $v_c$ ), előtolás ( $f_z$ ), fogásmélység ( $a_p$ ) és oldallépés ( $a_e$ ) [12].
- Forgács leválasztás:  
Ennél a szempontnál elsősorban a forgácsolás közben ébredő erőket valamint a forgács alakját vizsgálják [2][3][6][11].

- Szerszám:  
Ez a szempont a szerszámokat vizsgálja, azok élgeometriáját, éléinek számát, anyagát és bevonatát [13].

3 A KUTATÁS CÉLJA, LEÍRÁSA ÉS EREDMÉNYEI

Ez a kutatás elsősorban a felület alakját, a CAM-es szempontokat, valamint a pontosságot vizsgálja. A többi vizsgálati szempontot nem tárgyalja.

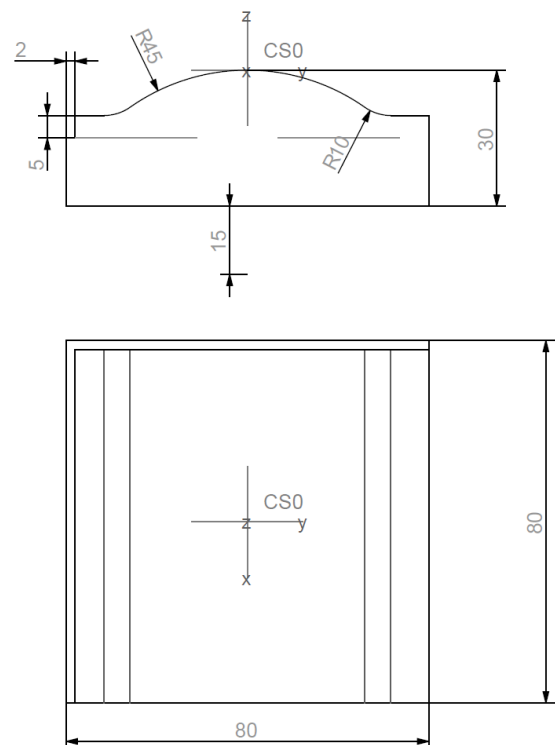
3.1 A kutatás célja

A kutatás során több kérdésre keressük a választ, de az egyik fő cél, hogy a CAM-es mérnökök számára segítséget nyújtson abban, hogy adott beállítások mellett milyen felületi minőség érhető el. A további célok a következők

- A különböző simítási irányok hogyan befolyásolják a felület mikro- és makrogeometriai jellemzőit?
- Előre lehet-e jósolni a felületi minőséget különböző marási irányok használatánál?
- A CAM-es paraméterek hatásának vizsgálata?
- Mennyire befolyásolja a szabad formájú felület meredeksége a felületi minőséget?

3.2 Kísérleti terv

A kísérlet során öt egyforma munkadarab készült, melyet a 4. ábrán lehet látni. A nagyolás és az elősimítás megegyezett mindegyik darab esetén, úgy ahogy a beállított paramétere, a szerszám és a megmunkáló gép is. Csupán a pásztázási irány tért el a munkadarabok simítása esetén (1. táblázat).



4. ábra: Kísérleti munkadarab

| Munkadarab száma | X tengellyel bezárt szög |
|------------------|--------------------------|
| 1.               | 0°                       |
| 2.               | 22,5°                    |
| 3.               | 45°                      |
| 4.               | 67,5°                    |
| 5.               | 90°                      |

1. táblázat: Pásztázási irányok

A 2. táblázat tartalmazza a kísérlet során alkalmazott anyagokat, gépeket és szoftvereket.

|                         |   |
|-------------------------|---|
| Munkadarab anyaga       | 42CrMo4 acél  |
| Munkadarab nyers mérete | 80x80x40 mm   |
| Megmunkológép           | Mazak 410 A-II                                      |
| CAD/CAM rendszer        | CATIA V5  |
| Szerszám                | Fraisa X7450450 gömbmaró                            |
| Nagyolási paraméterek   | n=3200 1/min<br>f <sub>z</sub> =0,05mm              |
| Elősimítási paraméterek | n=5100 1/min<br>f <sub>z</sub> =0,08mm<br>A=45°     |
| Simítási paraméterek    | n=5100 1/min<br>f <sub>z</sub> =0,08mm<br>A=változó |
| Érdesség mérő gép       | Mahr-Perten Concept                                 |
| Statisztikai szoftver   | Minitab v14, MS Excel                               |

2. táblázat: A kísérlet körülményei

### 3.3 A mérés folyamata

A kísérlet során a munkadarabok felületi érdessége lett vizsgálva, azon belül is az egyenetlenség magasság (R<sub>z</sub>) értéke.

A mérés során minden egyes munkadarab háromféle irányból lett megmérve.

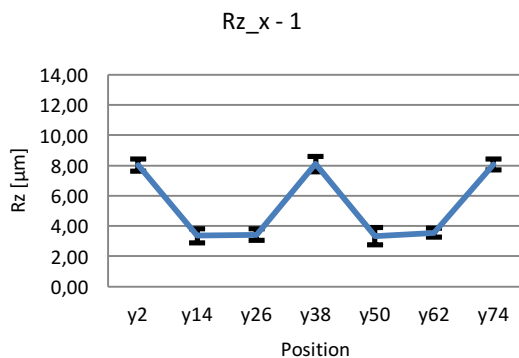
1. X tengellyel párhuzamosan
2. Y tengellyel párhuzamosan
3. a megmunkálás irányára merőlegesen

Mindhárom irányban legalább három mérés lett elvégezve, de ahol volt rá lehetőség ott öt is. Az első és az utolsó munkadarabon csak két irányból történt a mérés, hiszen ezekben az esetekben a megmunkálás iránya megegyezett vagy az x vagy pedig az y tengellyel.

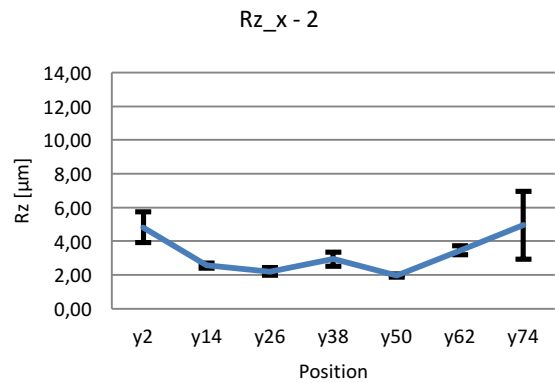
Az ugyan azon irányban elvégzett mérési eredmények átlagértéke lett feltüntetve a diagramokon.

### 3.4 Eredmények

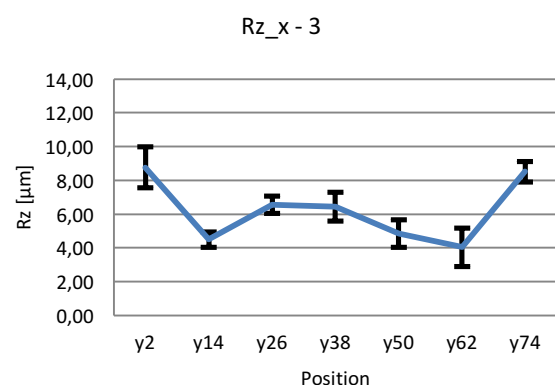
A következő diagramokon (5-9. ábra) az öt munkadarab összes X tengellyel párhuzamos irányban történt mérési eredményének átlaga van ábrázolva.



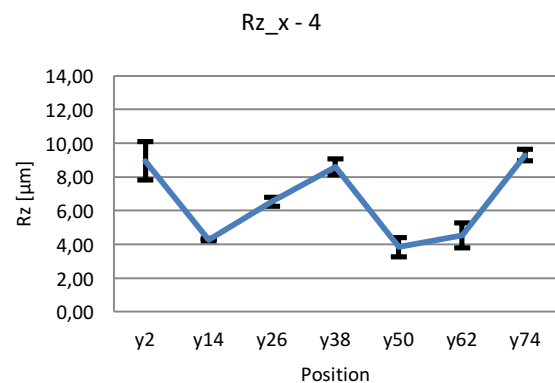
5. ábra: Az 1. munkadarab Rz értékei x irányú mérésnél



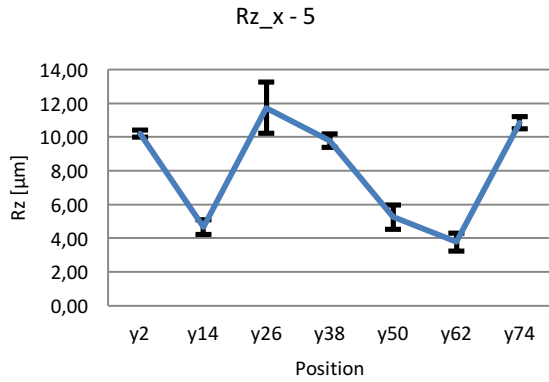
6. ábra: A 2. munkadarab Rz értékei irányú mérésnél



7. ábra: A 3. munkadarab Rz értékei x irányú mérésnél

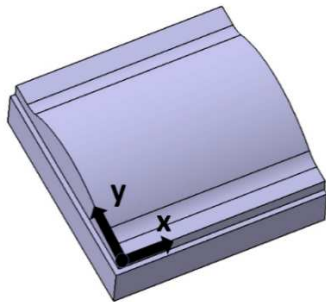


8. ábra: 4. munkadarab Rz értékei x irányú mérésnél



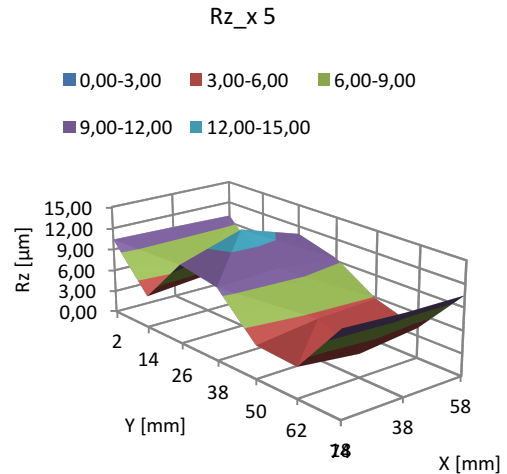
9. ábra: Az 5. munkadarab Rz értékei x irányú mérésnél

A mérési pontok az  $Y$  tengely mentén 12 mm-enként lettek felvéve. Az  $y2$  és  $y74$  esetében a vízszintes felületen történt a mérés, míg az  $y38$ -nál a vízszintessel megegyező felületi normális kapunk. A diagramokon jól látható, hogy ezeknél a felületeknél a legrosszabb a felületi érdesség. Ahol a felületi normális iránya eltér ezektől, ott lényegesen jobb az érdesség, az látható az  $y14$ ,  $y26$ ,  $y50$  és  $y62$  pontoknál. Az öt diagram közti eltérés oka, hogy a pásztázási irány minden egyes munkadarabon más és más. Valamint az, hogy a mérési irány nem minden esetben merőleges a megmunkálási irányra, kivéve az utolsó esetben.



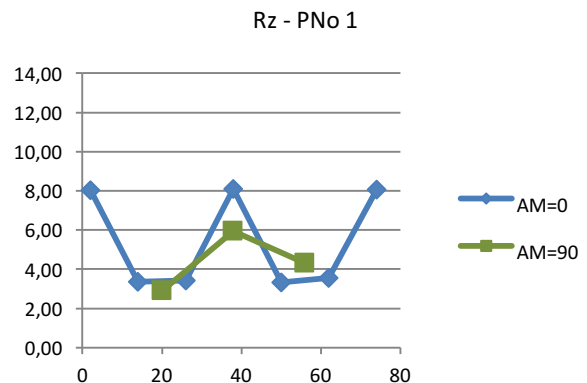
10. ábra: A munkadarab geometriája

A következő 3D-s diagramon is jól látható, hogy a felületi normális irányának változása hogyan követi az érdességek alakulását (11. ábra). Ha egymás mellé tesszük ezt a diagramot és a 10. ábrán látható képet, akkor könnyen megállapítható ez a változás.

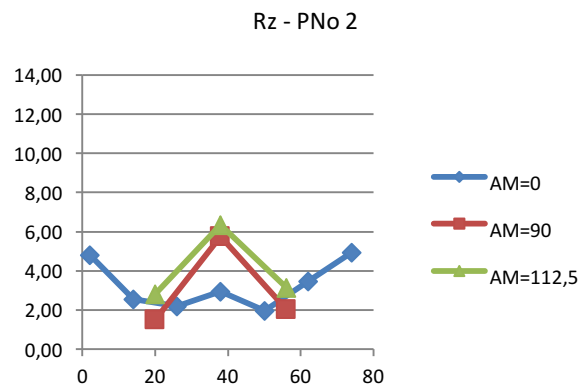


11. ábra: 3D diagram az Rz változásáról

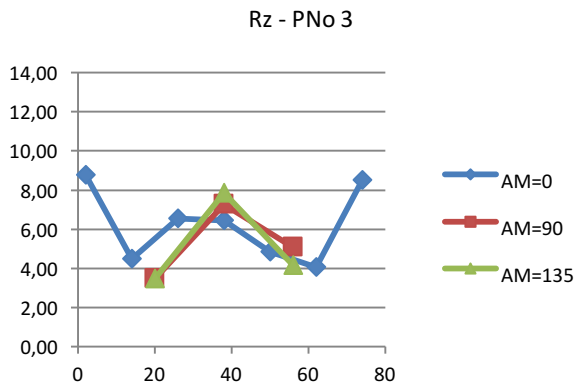
A további diagramokon (12-16. ábra) a különböző színekkel láthatók az egyes mérési irányok. Az első és utolsó diagramon a marási irány megegyezett vagy az  $X$  vagy pedig az  $Y$  tengellyel, így csak két görbe látható ezeken a diagramokon. A zöld színnel jelölt görbéknél látható a valós érdesség, hiszen ezeknél az eseteknél a marási irányra merőleges a mérési irány. A diagramok függőleges tengelye az Rz értékét mutatja, míg a vízszintes az  $Y$  tengely menti méreteket mutatja.



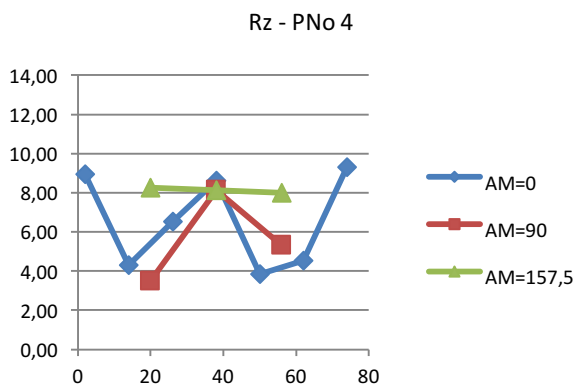
12. ábra: Az 1. munkadarab Rz értékei a mérési irány szerint



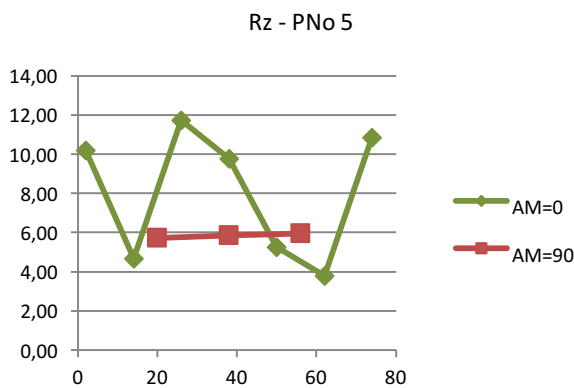
13. ábra: A 2. munkadarab Rz értékei a mérési irány szerint



14. ábra: A 3. munkadarab Rz értékei a mérési irány szerint



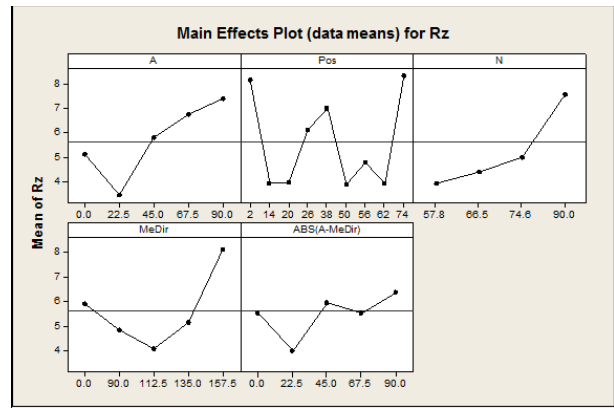
15. ábra: A 4. munkadarab Rz értékei a mérési irány szerint



16. ábra: Az 5. munkadarab Rz értékei a mérési irány szerint

A diagramokból jól látható hogy a mérési irány nagyban befolyásolja a felületi érdesség alakulását, valamint a felületi normális irányának is nagy hatása van.

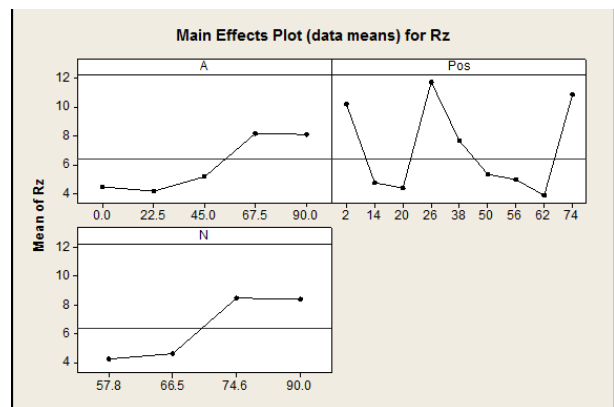
Az egyes paraméterek hatását ANOVA módszer segítségével is megvizsgáltuk. A 17. ábra az összes mérés során kapott átlagértékek (59 mérés) alapján készített főhatás ábrát mutatja.



17. ábra: Statisztikai elemzés I.

Ez alapján az első görbéből megállapítható, hogy az „A” paraméternek, vagyis a felületi normális irányának hatása van a felületi érdesség alakulására. Az ábra 2. és 3. görbéről leolvasható, hogy a vízszintes felületeken sokkal rosszabb az Rz értéke. Ez abból adódik, hogy a megmunkálás gömbvégű maró szerszámmal történt. Ezekben az esetekben a szerszámnak szinte csak a csúcsa forgácsol, ilyenkor a forgácsoló sebesség értéke közelít a nullához, hiszen a forgácsoló sebesség az átmérő növekedésével egyenes arányban van. Az ábra 4. görbéje alapján megállapítható, hogy a pásztázási iránynak szintén hatása van a felületi érdesség alakulására. Az 5. görbéről kiderül, hogy a mérés irányának merőlegesnek kell lenni a marás irányára. Ha ez nem így van, akkor a kapott eredményeket jelentős mértékben torzíthatják.

A második statisztikai vizsgálat során (18. ábra) csak a marási irányra merőleges irányú mérések átlagértéke lett figyelembe véve. Ez 19 átlagértéket jelent.



18. ábra: Statisztikai elemzés II.

Ez alapján az első görbéből megállapítható, hogy az „A” paraméternek, vagyis a felületi normális irányának hatása van a felületi érdesség alakulására. Ennek a diagramnak vízszintesnek kellene lennie a klasszikus geometriai modell szerint. Látszik, hogy 22,5° és 67,5° között kell a továbbiakban vizsgálni. Az ábra 2. és 3. görbéről szintén az állapítható meg, hogy a vízszintes felületek esetében sokkal rosszabb felületi érdességet kapunk.

#### 4 KONKLÚZIÓ

A 45 mm-es rádiusszal rendelkező, gömbvégű maróval mart íves felületi érdesség mérési eredményekből jól látszik, hogy a mérési irány megválasztása nagyon fontos körülmény, hiszen a rosszul megválasztott mérési irány jelentősen torzíthatja a kapott értékeket. Viszont hozzá kell tenni azt is, hogy az ilyen szabad formájú felületek mérése nem könnyű feladat (19. ábra).



19. ábra: Szabad formájú felület mérés

A pásztázás iránya a szélsőértékeknel mutat jelentős hatást. Ezek a  $0^\circ$ ,  $45^\circ$  és  $90^\circ$ . A továbbiakban ezeknél kell átfogó, részletesebb vizsgálatokat végezni.

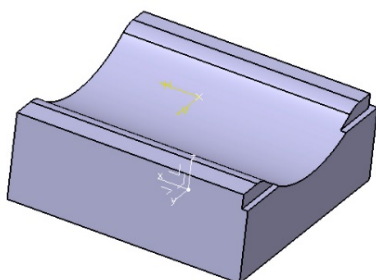
A felületi normális, vagyis a felület jellege is befolyásolja az érdességet.

A cél az, hogy megalkossunk egy olyan felületi érdességet becsülő modellt, mely a CAM-es felhasználóknak nyújtana segítséget abban, hogy az adott felületi minőség elérése érdekében milyen technológiát érdemes alkalmazni. A kísérletek alapján megállapítható, hogy ebbe a modellbe a szerszámgeometria mellett a felület és a szerszám pálya jellemzőinek is szerepelnie kell.

#### 5 TOVÁBBI VIZSGÁLATOK

Az érdesség mellett érdemes a méret és alakpontosságot is megvizsgálni, annak érdekében, hogy új paramétereket építhessünk be a becsülő modellbe. A technológiai paraméterek, mint például az eltolás vagy a forgácsoló sebesség változtatása is jelentősen befolyásolhatja a felületi minőséget, ezért ezek hatását is érdemes megvizsgálnia.

Más geometriájú felületeket vizsgálata is célszerű lehet, hiszen a vizsgált munkadarab domború. Egy homorú felületű darabon is hasonló kísérleteket kell végezni a jövőben (20. ábra).



20. ábra: Új kísérleti munkadarab

Az ilyen homorú felületű munkadarabnak a vizsgálata hozhat fontos eredményeket, hiszen ennek a megmunkálása során egy gömbvégű maró szerszám sokkal nagyobb felületen érintkezik a munkadarabbal, mint egy domború felületűnél.

#### KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Az emberi erőforrások minisztériuma UNKP-17-3 számú Új Nemzeti Kiválóság Programjának támogatásával készült.

#### IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Hamid Ramazani Sales, Hossein Amiradabi, Hossein Nouri Hosseinabadi, Mohamed Reza Bagheri (2016). Experimental Study of Tool Path Strategies for Three and Five axes Milling along with Feed Rate Optimization. DOI: 10.17485/ijst/2016/v9i43/104966 Indian Journal of Science and Technology
- [2] Jianhua Fan (2013) Cutting speed modelling in ball nose milling applications Adv Manuf Technol DOI 10.1007/s00170-014-5672-3
- [3] Z.C. Wei, M.J. Wang, J.N. Zhu, L.Y. Gu (2011) Cutting force prediction in ball end milling of sculptured surface with Z-level contouring tool path. International Journal of Machine Tools & Manufacture 51 (2011) pp. 528-432
- [4] M Rybicki (2014) Problems During Milling and Roughness Registration of Free-form Surfaces DOI:10.1088/1742-6596/483/1/012007 Journal of Physics
- [5] Y. Altintas, S. D. Merdol (2016) Virtual High Performance Milling, Manufacturing Automation Laboratory Vancouver, Annals of the CIRP Vol. 56/1/2007, pp. 81-84.
- [6] Petr Kolar, Matej Sulitka, Petr Fojtůl, Jiří Falta, Jaroslav Šindler (2016) Cutting force modelling with a combined influence of tool wear and tool geometry, Research Center of Manufacturing Technology, Faculty of Mechanical Engineering, Czech Technical University in Prague. Horská 3, 128 00 Prague. Czech Republic.
- [7] Jozef Beno, Ildikó Manková, Peter Izol, Marek Vrabel (2016) An approach to the evaluation of multivariate data during ball end milling free-form surface fragments; Measurement 84 (2016) pp. 7–20.
- [8] Mizugaki, Y., Hao, M., Kikkawa, K., & Nakagawa, T. (2001) Geometric generating mechanism of machined surface by ball-nosed end milling. CIRP Annals-Manufacturing Technology, 50(1) (2001) pp. 69-72.
- [9] EE Meng Lim, Hsi-yung Feng, Chia-Hsiang Menq, Zhi-Hang Lin: The prediction of dimensional error for sculpture productions using the ball-end milling process. Part 1: Chip geometry analysis and cutting force prediction; Int. J. Mach. Tools Manufact Vol.35 No.8 (1995) pp. 1149-1169
- [10] Mikó B., Baranyai G.: The effect of milling direction to surface quality when free form surface finishing; Development in machining technology Vol.5. pp. 62-76. Ed.: W. Zebala, I. Manková; Cracow University of Technology, Cracow 2015. ISBN 978-83-7242-844-8
- [11] Balázs Mikó, Jozef Beňo: Effect of the Working Diameter to the Surface Quality in Free-form Surface Milling; Key Engineering Materials Vol. 581 (2014) pp 372-377.
- [12] Balázs Mikó, Jozef Beňo, Ildikó Maňková: Experimental Verification of Cusp Heights when 3D Milling Rounded Surfaces; Acta Polytechnica Hungarica Vol. 9, No. 6, 2012 pp. 101-116.
- [13] Beňo, J., Stahovec J., Izol P., Tomáš M.: Some aspects of milling process planning when producing form surfaces; Development in machining technology Vol.2. pp. 91-103. Ed.: W. Zebala, I. Manková; Cracow University of Technology, Cracow 2012. ISBN 978-83-7242-655-0
- [14] Kandrác L., Maňková I., Vrabel M., Greškovič F.: The influence of milling strategies on the productivity and accuracy when machining free form surface; Development in machining technology Vol.2. pp. 104-113. Ed.: W. Zebala, I. Manková; Cracow University of Technology, Cracow 2012. ISBN 978-83-7242-655-0