

Blokklánc technológia a logisztika szolgálatában

Blockchain technology in service of logistics

Lányi Márton

Óbudai Egyetem, Biztonságtudományi Doktori Iskola, Budapest, Magyarország
mlanyi@freemail.hu

Összefoglalás — A blokklánc technológia az évtized egyik legizgalmasabb fejlesztése. Előnyei és lehetséges üzleti felhasználása az elmúlt két évben számos tudományos kutatás fókuszába került. Hasonlóan, logisztikai és ellátási lánc szakértők is blokklánc központi megoldásokat keresnek, hogy elosztott adatbázissal végezzenek infokommunikációs tevékenységet a saját szakterületükön. Ez a cikk bemutatja a blokklánc technológiát és összesíti a logisztikai célú kutatásokat a témában, valamint jövőbeli kutatási területeket valószínűsít.

Kulcsszavak: logisztika, blokklánc, ellátási lánc

Abstract — Blockchain technology is one of the most exciting developments of this decade. Its advantages and possible adaptation to different business requirements are the focus of many scientific researches of the last two years. Similarly, logistics and supply chain professionals are looking for blockchain centric solutions covering potential information communication using distributed ledger in their business field. This article describes the basics of blockchain and provides a review on current logistics related researches. Future development areas will also be assumed in this paper.

Keywords: logistics; blockchain; supply chain

1 BEVEZETÉS

A blockchain technológia vagy magyarosítva a blokklánc, egy 2008-ban Satoshi Nakamoto által kidolgozott rendszer a vele egy időben létrejövő bitcoin (BTC) nevű kriptovaluta forgalmának bonyolítására. A technológia nagyszerűségét csak az elmúlt években fedezték fel, melynek hatására a tudomány számos területén megindultak a kutatások annak adaptációjára. Hasonló folyamatok indultak el a logisztika és ellátási lánc területén, mely felméréseket, elméleteket és egyes esetekben már megvalósítást is magába foglal. Jelen cikk célja ismertetni a technológia alapjait és áttekinteni az eddig keletkezett szakirodalmat és fejlesztési irányokat. A megismert kutatási irányokat összegezem, valamint további kutatási és alkalmazási területekre teszek javaslatot, kiemelt figyelemmel a biztonságstudományok lehetséges bevonására.

2 A BLOKKLÁNC TÖRTÉNETE

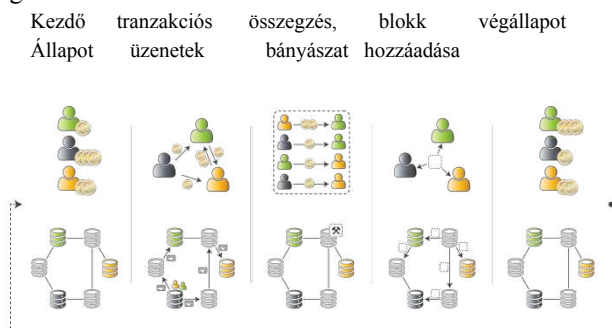
A Bitcoin alapjait és működési mechanizmusát bemutató 2008-as publikációt [1] Satoshi Nakamoto álnéven jelentették meg. Nem világos, hogy mi oka volt a szerzőnek vagy szerzőknek inkognitóban maradni, annyi bizonyos, hogy a bitcoin kiválóan alkalmas a feketegazdaság pénzmozgásainak anonim kezelésére is.

Hasonlóan, a zsarolóvírusok (pl.: WannaCry, Petya) is mind BTC-ban követelik a számítógép további használatához elengedhetetlen jelszó ellenértékét. Nem kizárható, hogy a bitcoin létrehozásában ártó célú körülmények is közrejátszottak. A Satoshi által 2008-ban publikált technológia azonban blockchain néven függetlenedett az azt létrehozó kriptovalutától és további felhasználási területek fókuszába került. "Az egyik legelső ilyen blokklánc megvalósítás a NameCoin volt, ahol nevekhez rendelhetünk IP címeket, amivel egyfajta decentralizált DNS (pl. web URL) szolgáltatás valósul meg. Ezáltal az adott weblap kikerül a kormányzat vagy az internetszolgáltatók felügyelete alól és kitörőhetetlenné válik. A blockchain nem csak tranzakciók tárolására jó, egy még érdekesebb megvalósítás, az Ethereum, amit sokan csak blockchain 2.0-nak neveznek. Az Ethereum továbbfejlesztette a blockchain használatát. Itt ugyanis nem csak "száraz" adatokat tárolhatunk a blokkláncban, hanem futtatható kódot is. Éppen ezért az Ethereumra szoktak úgy is hivatkozni, mint valamiféle nagy, decentralizált, virtuális számítógép. Ezeket a futtatható kódokat okos szerződésekknek (smart contract) hívják, mert sok esetben ezek egyfajta nagyon pontosan specifikált megegyezések partnerek közt (hasonló, mint egy szerződés)." [2] Egyes szerzők már komplex rendszerek leprogramozását vizionálják: "teljesen önműködő cégek (decentralizált automata cég), vagy akár egész virtuális államok is leprogramozhatóak. Mivel ezek a hálózatok központi ellenőrzés nélkül, decentralizált módon, egyenrangú partnerek által futnak, ezért teljesen autonóm entitások, az emberi kontrolltól mentesek." [2]. Legtöbbször azonban a saját szakterületük kihívásaira keresik a választ, legyen az pénzügyi szolgáltatás, gyémánt kereskedelem vagy logisztika. Összességében elmondható, hogy kevés működő megoldás létezik, lényegében a többsége kísérleti fázisban van. Mindeközben érezhető egy bizonytalanság is a technológiával kapcsolatban, ezért kutatók arra is kíváncsiak, hogy vajon a gyakorlati és elméleti szakemberek hogyan értékelik a blokkláncban rejlő lehetőségeket [3,4]. Cikkemet főként ezen kutatások bemutatásának és értékelésének szenteltem.

3 MŰKÖDÉSI ELV

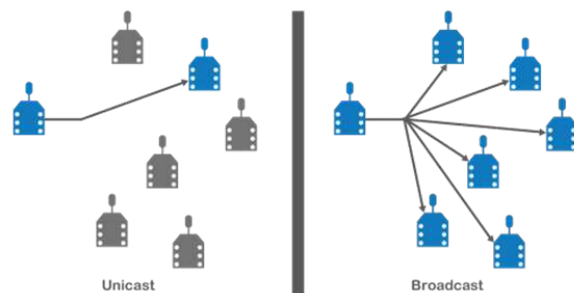
A bitcoin egy elektronikus érme, mely természeténél fogva nem meríti ki az összes pénzeszközökkel szemben támasztott elvárást, de néhány lényegeset sikeresen megold. A legfontosabb kritérium, hogy a pénz látra szóló, akinek a birtokában van, az rendelkezik felette, név nélkül. Továbbá az is jellemző, hogy adott pénzerme nem osztható, abból egy darab eredeti van, mely gazdát is cserélhet különféle módokon. Mikor gazdát cserélt, az

előző tulajdonosa nem birtokolja tovább, ennek a legbiztosabb jele az, hogy nincs nála. A BTC-nak ezt a feladatot kellett megoldania a digitális térben. Hogyan lehet egy elektronikus érmét digitális úton úgy átadni, hogy az a feladónál eltűnjön, a címzettnél megjelenjen, és ne lehessen duplikálni, vagy bármi módon visszaélni vele, miközben a látra szóló jellegét megtartja. A kézenfekvő megoldás egy központi elszámoló ház létrehozása lehetne, mely monitorozza a tranzakciókat és a gazdát cserélő összegeket jóváírja a résztvevőknél. Ez a megoldás azonban nem garantálja a névtelenséget és robosztus struktúrát kell fenntartani a működtetésére. További hibája, hogy egy központosított adatbázist feltételez, mely több szempontból sem kívánatos, gondoljunk csak egy kibertámadás elleni ellenálló képességre vagy a központi vállalat így kialakult monopol pozíciójára. A BTC megalkotói erre a problémára hozták létre a digitális pénzmozgás mögöttes működési mechanizmusát, a blokklánc technológiát, mely egy elosztott adatbázisú megoldás.



1. ábra: A blokklánc működési mechanizmusa [5]

Az elosztott adatbázis lényege, hogy minden szereplő IT eszközére fel van töltve a teljes adatbázis, mely a BTC keletkezése óta végrehajtott összes tranzakciót tartalmazza. Erre azért van lehetőség, mert egy tranzakció mérete csak néhány bájt, ezért a teljes jelenlegi adatbázis elfér egy asztali számítógépen, de hordozható eszközök esetén már problémát jelenthet. A tranzakciókat az egyes szereplők kedvükre böngészhetik, de érdemi információval nem fog nekik szolgálni, mert a technológia egyik alappillére az anonimitás, tehát a pénz feladója és címzettje is ismeretlen marad. Fontos elem, hogy nem a tranzakció titkos, hanem a szereplők kiléte. Ezt az anonimitást kriptográfiai műveletekkel biztosítja a mechanizmus. További garancia, hogy a titkosításhoz egy sor titkosítási kulcs párt kap a felhasználó és több azonosítóval is rendelkezhet, melyből bármelyiket alkalmazhatja az adott művelethez. A kulcs párok egyfajta digitális aláírásként is használatosak, mely biztosítja, hogy csak a megfelelő címzett tudja a tranzakciót olvasni. Az adatbázis tehát egyre bővül és közben bonyolult, számítógépes műveleteket is el kell végezni. Ezeknek a műveleteknek az elvégzéséért fizetség jár, melyet BTC-ban kap meg az a hálózati tag, aki elvégzi, ez a tevékenység a BTC bányászat. Az adatbázis változását az egyes bevont csomópontok kommunikálják a többi csomópontnak. BTC esetén 8 csomópont kap értesítést a tranzakcióról, ezek tovább kommunikálják másik 8-nak egy broadcast (üzenetszórás) jellegű kommunikációt létrehozva. Nem nehéz belátni, hogy az egész hálózat gyorsan értesül az adatbázis változásáról.



2. ábra: Az egyszerű üzenetküldés (unicast) és az üzenetszórás (broadcast) [6]

Új csomópontok megjelenése esetén, például mikor valaki bekapcsolja a számítógépét, a technológia egyből módosítja a gépen lévő adatbázisát, így minden résztvevő, adott pillanatban aktuális információval rendelkezik. Az, hogy kinél mennyi BTC van, az az összes eddigi tranzakcióinak az egyenlege. Az adatbázis inkonzisztenssé válását azzal kerülik el, hogy a tranzakciókat blokkokba rendezik, melyet egy véletlenszerűen kiválasztott csomópontnak kell validálnia. Tehát, egy tranzakcióban nem résztvevő harmadik fél hitelesíti a tranzakciót. Az egyes blokkok kapcsolódnak egymáshoz, oly módon, hogy a blokk tartalmazza a tranzakciókat, egy időbélyegzőt, valamint az előző blokk hash¹-ét, így egy megmásíthatatlan láncot képezve. A blokklánc megbízhatósága azért is nagy, mert az egyes blokkokat különböző szereplők hitelesítik.

A blokklánc módszer tehát olyan decentralizált hálózatban teremt biztonságot, melynek tagjai nem bíznak egymásban, ahogy a való életben sem merül fel bizalmi kérdés egy fizetési folyamatban. A boltban nem szükséges felmérni a szereplők bonitását és nem is kérünk azonosító okmányokat egymástól. Az adásvétel egyszerűen a pénz és az áru egyidejű jelenlétével létre jön. A blokklánc anonimitást biztosít, és az rendelkezhet az adott jószág felett, akinek az éppen birtokában van. Nem szükséges egy központi, mindenható szereplőt beiktatni, aki minden információ birtokában van, esetleg olyanokéban is melyek bizalmas természetűek. A technológia velejárója, hogy egy megmásíthatatlan történeti esemény láncolatot rögzít. További fejlesztési lehetőségei végtelennek látszanak, amint az elektronikus jószágot kicseréljük egy smart contractra BTC helyett. A kódot így az és csak az tudja futtatni, akinek éppen a birtokában van.

4 LOGISZTIKAI IRÁNYÚ FEJLESZTÉSEK

A blokklánc-hoz kapcsolható logisztikai kutatásoknak több irányvonala létezik. Az egyik irányvonal folyamat alapú megközelítést alkalmaz, melyeknek fő célja egy teljes ellátási lánc digitalizációja [7] vagy egyszerűen csak az áruforgalom nyomon követésének fejlesztése. Egy másik irányvonal az áru eredetének és előállítás körülményeinek az igazolhatóságát vizsgálja, mellyel olyan kérdéseket céloznak tisztázni, minthogy az adott drágakő un. véres gyémánt-e, használtak-e gyerekmunkát a könnyűipari termékek készítéséhez, génmódosított-e az élelmiszer, bűncselekményből származik-e az áru? Mások az adminisztráció és a dokumentációs ráfordítások

¹ Hasító érték: kriptográfiában gyakran használatos, egy dokumentumot beazonosító egyedi „ujjlenyomat” számsor.

csökkentését tűzték ki célul. A blokklánc kutatása 2015-től vált egyre intenzívebbé, még áttörő siker nélkül.

4.1 Ellátási lánc digitalizáció és nyomon követés blokklánc technológiával

Az egyik nagy témakör a szállítmány nyomon követés kérdése. Áruforgalomban jellemzően megkerülhetetlen a kérdés, hogy mikor érkezik a küldemény. Az ebből adódó kommunikáció rengeteg időt és energiát emészt fel az ellátási láncok minden tagjánál. A nyomon követés pontosságának igénye a logisztikai rendszerek globális kiterjedésével, a készletek csökkentésével egyre erősebben jelentkezik. Nem csoda, hogy a blokklánc technológia felhasználását többen is kutatják.

Nemzetközi kutatók a következő megállapításokat tették [4]:

- A blokklánc nyilvános elérési lehetőséget teremt a termékek nyomon követésére a származási helytől a végső fogyasztóig. A decentralizált struktúra pedig azt a képességet teremti meg, hogy az ellátási lánc minden szereplője hozzáférjen az adatokhoz. A blokklánc kriptográfiai alapú, megváltoztathatatlan természete biztosítja az adatbiztonságot, de hozzáférést biztosít a tevékenységekhez kapcsolódó információkhoz is az ellátási láncban belül [8].
- Az ügyfeleknek lehetőséget biztosít az egyes tényezők, mint például termék, szolgáltatás, beszállító, fuvarozó döntést megelőző kiértékelésére [8].
- Lehetővé teszi a szállítmányok monitoringját, nyomon követését [8].
- Leegyszerűsíti az árucserét és fizetési folyamatokat [1].
- A blokklánc jellege: adatbázis felépítése, biztonsága, a smart contract beépíthetősége vagy az egyes szoftverekkel való összekapcsolhatósága mind olyan eszközök, melyek lehetővé teszik egy költséghatékony és rugalmas digitális ellátási lánc felépítését [7].

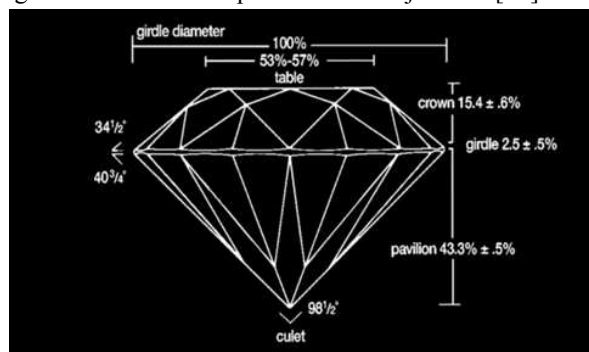
Sajnálatos módon, az átláthatóság hiánya nem az egyetlen kihívás a logisztikában. További lényeges problémák is hatnak az iparágra: [9]

- A vállalatok nem osztanak meg egymással releváns információkat, inkább többnyire úgy döntenek, hogy megtartják saját maguknak.
- A hatalmas termékekkel és dokumentációval összeköthető adathalmaz könnyen elveszhet az ellátási láncban.
- Egyik résztvevő sem hajlandó felfedni az egyes termékek származási helyét, csak azért, hogy a minőségét igazolja. [4]

Áruszállítás nyomon követése esetén a két fontos blokklánc funkció az időbélyegző és a rögzített, megmásíthatatlan sorrend. A funkció használatával elkerülhetővé válnak a járművek érkezés-indulásával kapcsolatos viták, valamint a pontos helyzet is megállapítható. Nyomon követés esetén nem cél információk adatbázis építése, de a blokklánc használatával ez is keletkezik. Felmerül a kérdés, hogy sért-e egy ilyen adatbázis kereskedelmi érdekeket vagy minősülhet-e személyes adatnak.

4.2 Eredetiség és a gyártási körülmények igazolása blokklánc technológiával

„A nagy térbeli kiterjedés és szövevényes kereskedelmi láncolatok miatt nehézségekbe ütközik az illegális cselekmények kiszűrése egy teljes ellátási láncban. A mai világ ezen kihívások miatt olyan problémákkal küzd, mint a hamisítás, kényszermunka, kizsákmányolás vagy a gyártás életveszélyes körülményei. A blokklánc technológia viszont képes a kívánt átláthatóságot és biztonságot biztosítani. [10] Felfedheti az ügyfelek előtt a származásra és fuvarozási útvonalra vonatkozó információkat [11], ezzel csökkenti a hamisítás és csalás kockázatát [12].” [4] Egy élő példa az eredetiség igazolására az Everledger. „A magas áruértékű tételek eredet igazolása gyakran csak papír alapú, mely elveszhet vagy visszaélhetnek vele: azt eldönteni, hogy egy gyémánt tanúsítványa eredeti vagy hamis – és az, hogy a gyémánt lopott-e – nem mindig egyszerű. Ugyanez a helyzet drága borok, órák vagy kézitáskák esetében [13]. Miután például a gyémántokról is könnyen eltávolítható a szériaszám, az Everledger nevezetű startup egy alternatívát kínál, mely rögzíti a gyémántok 40 egyedi azonosító pontját. A nyilvánosan elérhető blokklánc adatbázis alapján a potenciális eladó egyértelműen beazonosíthatja, hogy az aktuális eladó-e a gyémánt tulajdonosa és a felől is megbizonyosodhat, hogy nem háborús térségben bányászott “véres gyémántot” vesz. [14]. Az Everledger tervei között szerepel a csalás észlelő rendszerének más magas értékű termékcsoportra való kiterjesztése [13].



3. ábra: Egy gyémánt azonosíthatósági paraméterei [15]

Gyógyászati területen a hamisított gyógyszerek megjelenése egy közismert probléma – például rákellenes gyógyszerek esetében – halálos kimenetelű is lehet, ha a páciens nem jut időben az előírásoknak megfelelő ellátáshoz [16]. A blokklánc javíthatja a kezelték biztonságát az ellátási lánc átláthatóvá tételével a gyártótól, a nagykereskedőn és gyógyszerházon keresztül egészen a végső felhasználóig. Vonalkóddal vagy RFID technológiával összekapcsolva az ügyfelek önmaguk is megbizonyosodhatnak róla, hogy a megfelelő gyógyszert kapták [16, 17]. A blokkláncra legtöbbször úgy tekintenek, hogy használatával, jóval nehezebbé válik a termékekkel való visszaélés vagy az illegális tevékenységből származó termékek értékesítése [18,19,20].

További érdekes terület az élelmiszerbiztonság. A nagykereskedőknek nehezen tudják azonosítani élelmiszerek által okozott megbetegedések esetén, hogy az adott rossz minőségű hozzávalók pontosan honnan származnak és hogy melyik eladóhelyekre szállítottak a termékből [21]. Hetekig tarthat manapság a szennyeződés eredetének feltérképezése és a fogyasztók

élelmiszerbiztonságba vetett bizalmának visszaállítása [22]. Az élelmiszerek eredetének nyomon követésére a Walmart partnerségre lépett az IBM-el 2016-ban. Az együttműködés célja, hogy blokklánc technológiával kiterjesszék az ellátási lánc résztvevőinek IT rendszereit egy átlátható, elosztott adatbázisban, mely képes az egyes élelmiszer tételek nyomon követésére. Ez a közös megoldás lényeges fejlődést jelent a Walmart² korábbi vonalkódos vagy rádió frekvenciás technológiájához képest, melyek központi adatbázist és a résztvevők egymás iránti bizalmát igényelte [23]. Az első kísérletekben, a Walmart és az IBM digitálisan nyomon követett mind belföldi – sertés húst kis kínai gazdaságból kínai boltokig – mind nemzetközi mozgásokat – Latin Amerikai termékeket Egyesült Államok-béli boltokig [22]. Ezekben a kísérletekben az olyan adatok, mint származás, tételszámok, gyári és gyártási adatok, lejárat és szállítási adatok a blokkláncba kerültek és azonnal elérhetővé váltak a hálózat tagjainak. Egy élelmiszer okozta megbetegedési észlelése esetén a Walmartnak másodperceibe telik a tétel és a származás beazonosítása. A Walmart a blokklánc technológia további előnyeit is vizionálja, amennyiben az így keletkező adatokat az ellátási lánc optimalizációjára is felhasználja az élelmiszer selejt mértéke is csökkenthető [24].”[3]

Az Everledger és a Walmart/IBM a blokklánc technológia adatbázis funkciójára építi a megoldását. Egyik megoldás esetén sem az a megoldandó probléma, hogy egy sorrendet rögzítsen, de a sorrend rögzítésén keresztül jut el az eredet igazolásához, illetve a származási hely azonosításához. A Walmart és az Everledger számára lényegtelen, hogy az adott termék milyen láncolatban keresztül jutott el a jelenlegi felhasználási helyére. Felmerül ugyanis a kérdés, hogy vajon a jelenleg kereskedelmi okokból eltitkolt beszerzési források felfedésével nem okoz-e saját magának kárt a láncban résztvevő tag, oly módon, hogy ezáltal a láncból nélkülözhetővé válik. A válasz valójában: nem, hiszen éppen ez a blokklánc nagy előnye egy centralizált adatbázissal szemben. A blokklánc lényege, hogy csak a tranzakció tudható, de a szereplők akár titokban is maradhatnak.

4.3 Dokumentációs ráfordítások csökkentése blokklánc technológiával

„A nemzetközi konténeres áruszállításhoz kapcsolódó papírmunka tetemes munkaidőt igényel. Például, hűtött áruk szállítása Kelet-Afrikából Európába körülbelül 30 embertől és szervezettől igényel bélyegzőt vagy valamilyen engedélyt, melyek így több mint 200 alkalommal lépnek egymással kapcsolatba. A dokumentumok, mint a bill of lading³ ráadásul hamisítások célpontjává is válhatnak [22]. Összeadva, a kereskedelemmel kapcsolatos dokumentációs költségek, a teljes fizikai fuvar költségének 15-50%-át teszik ki [22,25]. Az IBM és a Maersk hajóstársaság 2015-ben egyesítette erőit, hogy javítsák a folyamat hatékonyságát és digitalizálják a papírmunkát. Végül is egy blokklánc megoldást választottak, hogy összekössenek egy hatalmas globális hálózatot, melyben árufeladók, fuvarozók, kikötők és a vámosok is részt vettek. 2017-ben kezdődtek meg a kísérletek, melyben a releváns dokumentumok vagy

jóváhagyások a blokkláncban is megjelentek, így a használt IT rendszereket nem lecserélték, csak kiterjesztették. Szabványosított interfészt használva minden partnernek elérhetővé vált a konténer státusza [26]. A Maersk célja, hogy hamarosan minden hetedik konténer bekössön a blokkláncba ezzel elérve az éves 10 millió konténeret. [24]. A terjedelmes papírmunkával kapcsolatos problémák nem csak ezt a specifikus esetet érintik, hanem a kereskedelem több területét is akadályozzák [20,27].”[3] Amint az a Maersk esetében is tapasztalható, a blokklánc nem képes a térinformatikai, ügyviteli rendszerek leváltására, nem is ez a feladata. Azokat kiterjesztve, közös adatbázist létrehozva segíti az együttműködést. Az adatbázisból pedig csak az adott személy vagy szervezet számára fontos információk olvashatók ki. Megjelenik tehát az adatbázis funkció is egy olyan esetben, ahol az valójában nem is volt elvárás. A Maersknek első sorban nem az adatbázis építése volt a célja, de a blokklánc működéséből adódóan ez is megvalósul.

5 JÖVŐBELI LEHETSÉGES FEJLESZTÉSI IRÁNYOK

“Az Internet of Things⁴ (IoT) annyit jelent, hogy használati tárgyakat – pontosabban mindent, amin csatlakozó van-, elektronikával szerelnek fel és így képessé válik az interneten keresztüli adatcserére. Egy Gartner jelentés szerint 2020-ra 20 milliárd feletti összekapcsolt eszköz várható világszerte [28]. A jelenlegi internet felépítése a szerverek infrastruktúrájával lehet, hogy nem lesz képes kezelni egy ekkora eszköz és adat mennyiséget [29]. Az önálló szerverek egyetlen nagy lehetséges hibaforrást is jelentenek és felvetik az adatbiztonság kérdését. A blokklánc technológiát többen megbízható megoldásként veszik figyelembe, hogy az IoT eszközöket kapcsoljon össze és kezeljen [30,31]. Figyelembe véve az IoT tárgyak lehetséges nagy mennyiségét (járművek, küldemények, stb.) a logisztika lehet az IoT és a blokklánc egyik ígéretes területe [32]. Az első nagy cégek elkezdtek ezzel a területtel foglalkozni. Például, a Walmart szabadalmaztatott egy eljárást, mely összekapcsolja a kiszállításra használt disztribúciós drónokat a blokkláncal [33]. A blokkláncal kombinált IoT eszközök használhatnának digitális valutát, mellyel képessé tennénk azokat, hogy önállóan interakcióba lépjenek egymással és – smart contractok segítségével – díjakat és illetékeket fizessenek [31,34].”[3] Amikor a blokklánc technológia és a jövőbeli fejlesztési irányok szóba kerülnek többen hajlamosak egy túlabonizált, túlobotizált világot vizionálni. Ennek azonban komoly korlátjai lehetnek. Az egyik az a tény, hogy a BTC bányászatára fordított 29,86 TW/h villamos energia már most meghaladja a föld 159 országának teljes energiaigényét, köztük Magyarországot is (21,55 TW/h) [35]. Ebből kiindulva egy teljes gazdaságot behálózó blokklánc technológia erős utópia, hiszen annak energiaigényét jelenleg nem tudnánk fedezni. Fentiekből két következtetést vonok le:

-A blokklánc felhasználása véges, ezért kénytelenek vagyunk egy adott cél köré szervezni, csak úgy, mint a logisztikai feladatokat.

-A véges erőforrás utáni verseny hamarosan elkezdődhet, melyben az nyer, aki az erőforrást a saját technológiájának fenntartására tudja irányítani.

² USA-beli áruházlánc

³ Hajóraklevél, tengerhajózási fuvarokmány

⁴ Dolgok hálózata

6 ÖSSZEZEGÉS

A cikkben bemutatam a blokklánc technológia kialakulását és működésének alapjait. Összegeztem a blokklánc jellemzőit, melyek kifejezetten alkalmassá teszik logisztikai területek lefedésére. Bemutattam a logisztikai területek blokklánc technológia alkalmazhatóságára irányuló kutatásait és kísérleti programjait, melyek többsége biztonságtudományi területeket is érint. Ezek a területek szerteágazóak a háborús övezetekben bányászott "véres gyémántok" kereskedelmétől, a hamisításon át, az élelmiszerlánc biztonságig bezárólag. A kutatók és gyakorlati szakemberek tehát zömében biztonságtudományi problémát kívánnak megoldani a logisztika és az ellátási lánc területeinek digitalizációjával, azok együttműködése mellett. Egy interdiszciplináris, tudományok közötti együttműködés van kibontakozóban, ahol a biztonság-, IT-, és logisztikatudományok játsszák a főszerepet. Az is bebizonyosodni látszik, hogy a blokklánc jól használható hatékonyság növelésére és a dokumentációs ráfordítások csökkentésére is. Cikkemben rámutattam a technológia óriási energiaszükségletére, mely korlátja lehet a egyetemes elterjedésének. A blokkláncot emiatt szükséges jobban behatárolni és egy konkrét feladat, vagy megoldás köré szervezni, valamint a felépülő adatbázist karban tartani, ugyanis a BTC jelenlegi adatbázisa 135GB [36], mely a legtöbb hordozható eszköz memóriáját meghaladja. Megoldás lehet a nem releváns funkciók korlátozása, vagy az emberi elméhez hasonló „felejtés” metodikájának kidolgozása és alkalmazása az adatbázison. További bizonytalansági tényezőket is bemutatam, melyek főként a feketepiaci felhasználásának köszönhetőek és nem kis részben a technológia megalkotásának homályos körülményeire vezethetőek vissza. Feltétlen célként kell ezért meghatározni a technológia teljes uralását. Jövőbeli fejlesztések egyik iránya kell, hogy legyen a blokklánc több szempontú (adat-, kiber-, stb.) védelmének megnyugtató kialakítása.

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Nakamoto, S.: Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System, www.bitcoin.org, 2008
- [2] Fazekas, L.: Blockchain a BitCoinon túl, <http://lf.estontorise.hu/archives/685>, 2017
- [3] Hackius, N.; Petersen, M.: Blockchain in Logistics and Supply Chain: Trick or Treat?, Kühne Logistics University, Hamburg, 2017
- [4] Sadouskaya, K.: Adoption of Blockchain Technology in Supply Chain and Logistics, XAMK, Helsinki, 2017
- [5] Forrás: <https://ethereum.karalabe.com/talks/2016-hintaten.html#13>, online, letöltve: 2017.11.20
- [6] Forrás: https://www.digi.com/resources/documentation/Digidocs/90001456-13/concepts/c_point_to_multipoint.htm, online, letöltve: 2017.11.18
- [7] Korpela, K.; Hallikas, J.; Dahlberg, T.: Digital Supply Chain Transformation toward Blockchain Integration, Proceedings of the 50th Hawaii International Conference on System Sciences, 2017
- [8] Baker, J. and Steiner, J. Provenance Blockchain: the solution for transparency in product. [online] Provenance. Available at: <https://www.provenance.org/whitepaper>, 2015
- [9] Lieber, A. Trust in Trade: Announcing a new blockchain partner. [online] IBM. Available at: <https://www.ibm.com/blogs/blockchain/2017/03/>, 2017.
- [10] Dickson, B. Blockchain has the potential to revolutionize the supply chain. [online] Techcrunch. Available at: <https://techcrunch.com/2016/11/24/>, 2016.
- [11] Ho-Hyung, L. How a “3-D” supply chain process system could revolutionize business. [online] Supplychainquarterly. Available at: <http://www.supplychainquarterly.com/topics/Strategy/>, 2013.
- [12] Hancock, M. and Vaizey, E. Distributed ledger technology: beyond block chain. 1st ed. [ebook] London: Government Office for Science. Available at: <https://www.gov.uk/government/>, 2016.
- [13] Lomas, N. Everledger Is Using Blockchain To Combat Fraud, Starting With Diamonds.URL: <https://techcrunch.com/2015/06/29/everledger/>, 2015.
- [14] Underwood, S. “Blockchain Beyond Bitcoin”. In: Communications of the ACM 59.11, pp. 15–17. DOI: 10.1145/2994581, 2016
- [15] Forrás: <https://rctom.hbs.org/submission/how-does-blockchain-technology-apply-to-diamond/>, online, letöltve: 2017.11.18
- [16] Mackey, T. K. and G. Nayyar A Review of Existing and Emerging Digital Technologies to Combat the Global Trade in Fake Medicines. In: Expert Opinion on Drug Safety 16.5, pp. 587–602. DOI: 10.1080/14740338.2017.1313227, 2017
- [17] DeCovny, S. Experts Discuss Tackling Pharma Supply Chain Issues With Blockchain.URL: <http://www.nasdaq.com/article/experts-discuss-tackling-pharma-supply-chain-issues-with-blockchain-cm808938>, 2017
- [18] Sutherland, W. J., P. Barnard, S. Broad, M. Clout, B. Connor, I. M. Côté, L. V. Dicks, H. Doran, A. C. Entwistle, E. Fleishman, M. Fox, K. J. Gaston, D. W. Gibbons, Z. Jiang, B. Keim, F. A. Lickorish, P. Markillie, K. A. Monk, J. W. Pearce-Higgins, L. S. Peck, J. Pretty, M. D. Spalding, F. H. Tonneijck, B. C. Wintle, and N. Ockendon (2017). A 2017 Horizon Scan of Emerging Issues for Global Conservation and Biological Diversity. In: Trends in Ecology and Evolution 32.1, pp. 31–40. DOI: 10.1016/j.tree.2015.11.007.
- [19] Apte, S. and N. Petrovsky Will Blockchain Technology Revolutionize Excipient Supply Chain Management? In: Journal of Excipients and Food Chemicals 7.3, pp. 76–78., 2016
- [20] Morabito, V. Business Innovation Through Blockchain. Cham: Springer International Publishing. DOI: 10.1007/978-3-319-48478-5., 2017
- [21] Tian, F. An Agri-food Supply Chain Traceability System for China Based on RFID & Blockchain Technology. In: 2016 13th International Conference on Service Systems and Service Management (ICSSSM), pp. 1–6. DOI: 10.1109/ICSSSM.2016.7538424., 2016
- [22] Popper, N. and S. Lohr Blockchain: A Better Way to Track Pork Chops, Bonds, Bad Peanut Butter? URL: <https://www.nytimes.com/2017/03/04/business/dealbook/blockchain-ibm-bitcoin.html>, 2017
- [23] Hackett, R. Walmart and IBM Are Partnering to Put Chinese Pork on a Blockchain. URL: <http://fortune.com/2016/10/19/walmart-ibm-blockchain-china-pork/>, 2016
- [24] Shaffer, E. Walmart, IBM Provide Blockchain Update. URL: <http://bit.ly/2eH84H2>, 2017
- [25] Groenfeldt, T. IBM And Maersk Apply Blockchain To Container Shipping. URL: <https://www.forbes.com/sites/tomgroenfeldt/2017/03/05/ibm-and-maersk-apply-blockchain-to-container-shipping/>, 2017
- [26] Allison, I. Maersk and IBM Want 10 Million Shipping Containers on the Global Supply Blockchain by Year-End. URL: <http://www.ibtimes.co.uk/maersk-ibm-aim-get-10-million-shipping-containers-onto-global-supply-blockchain-by-year-end-1609778>, 2017
- [27] Chu, Y., J. Ream, and D. Schatsky CFO Insights: Getting Smart About Smart Contracts. Deloitte, 2016
- [28] Gartner Gartner Says 6.4 Billion Connected “Things” Will Be in Use in 2016, Up 30Percent From 2015. URL: <http://www.gartner.com/newsroom/id/3165317>, 2015
- [29] Eastwood, G. Why Blockchain is the Future of IoT. URL: <http://www.cio.com/article/3200029/internet-of-things-why-blockchain-is-the-future-of-iot.html>, 2017
- [30] Pilkington, M. Blockchain Technology: Principles and Applications. In: Research Handbook on Digital Transformations. Ed. by F. X. Olleros and M. Zhengu. Edward Elgar Publishing, pp. 1–39., 2016

- [31] Christidis, K. and M. Devetsikiotis Blockchains and Smart Contracts for the Internet of Things. In: IEEE Access 4, pp. 2292–2303. DOI: 10.1109/ACCESS.2016.2566339, 2016
- [32] Zheng, Z., S. Xie, H.-N. Dai, and H. Wang Blockchain Challenges and Opportunities: A Survey. In: International Journal of Electric and Hybrid Vehicles, pp. 1–23., 2017
- [33] Hackett, R. Wal-Mart Explores Blockchain for Delivery Drones. URL: <http://fortune.com/2017/05/30/walmart-blockchain-drones-patent/>, 2017
- [34] Petersen, M., N. Hackius, and W. Kersten Blockchains für Produktion und Logistik: Grundlagen, Potenziale und Anwendungsfälle. In: Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb 111.10, pp. 626–629., 2016
- [35] Digiconomist: Bitcoin Energy Consumption Index, online: <https://digiconomist.net/bitcoin-energy-consumption>, letöltve: 2017.11.24.
- [36] Statista: Size of the Bitcoin blockchain from 2010 to 2017, by quarter (in megabytes), online, letöltve: 2017.12.01, <https://www.statista.com/statistics/647523/worldwide-bitcoin-blockchain-size/>

IT Infrastruktúra Informatikai Biztonsági Aspektusai

IT Security Aspects of IT Infrastructure

Albini Attila, Tokody Dániel, Papp József

Óbudai Egyetem, Biztonságtudományi Doktori Iskola, Budapest, Hungary

attila.albini@gmail.com tokody.daniel@dosz.hu papp.jozsef@kvk.uni-obuda.hu

Összefoglalás — Az informatikai szolgáltatások fontos paraméterei a megrendelő által igényelt működési paraméterek. E paramétereket az üzletfolytonossági igények határozzák meg. Az igény megállapítása érdekében elemezni kell a szolgáltatások teljes vagy részleges leállításával járó kockázatokat. A szolgáltatás rendellenes működése a fenntarthatóság biztosítását teheti bizonytalanná és az emberi életet is veszélyeztetheti. A rendszer fenyegetettségé a természetes hatásoktól és az emberi elmétől származhat. A természetes hatásokkal szembeni védelem témaköre az informatikai biztonság. Ez a témakör az információ biztonság része és a természeti és a technológiai hatások vizsgálatát tartalmazza. Jelen tanulmány az informatikai infrastruktúra IT biztonsági vizsgálatához tartozó szempontrendszer egy lehetséges előállítási módját taglalja. A módszer filozófiai alapokra épül, ezáltal egységesíti a vizsgálat szempontrendszerét.

Kulcsszavak: IT infrastruktúra, IT biztonság, szempont, természetes, hatás

Abstract — Important parameters of the IT services are the operational parameters required by the customer. These parameters are defined by business continuity requirements. To assess the need, it is necessary to analyse the risks associated with the full or partial shutdown of services. Abnormal operation of the service may render sustainability uncertain and it may endanger human life. The threats to the system can come from the natural effects and the human mind. The topic of protection against natural effects is IT security. This topic is a part of the information security and it includes the examination of natural and technological impacts. This paper deals with a possible way of producing the aspect system for IT security assessment of the IT infrastructure. The method is based on philosophical principles, thereby unifying the aspect system of the examination.

Keywords: IT Infrastructure, IT security, aspect, natural, effect

1 BEVEZETÉS

Minden rendszer vizsgálata azon az elven alapul, hogy az ember a gondolkodása közben lemodellezi a létező rendszer működését. Ezáltal létrejön egy az emberi elme által gyártott virtuális másolat a valóság egy részletéről. Ezen a replikán végre lehet hajtani olyan vizsgálatokat, melyek zavarnák az eredeti valós rendszer működését, illetve olyan vizsgálatokat is, amelyek a rendszer modelljének részleges vagy teljes átalakítását igénylik a vizsgálat folyamán.

A létező rendszerek nagyon bonyolultak. Az esetek túlnyomó többségében nincs meg a lehetőség a teljes körű modell kialakítására. Ezért a modellezés olyan részletességgel történik, amekkora részletesség a vizsgálatot végzők szerint szükséges a kimenet értékelhetősége szempontjából. Ezt a validálhatóságot mindig a vizsgálat eredményét felhasználók igényei körvonalazzák. Ezek az igények pedig többféle módszerrel is meghatározhatóak.

Tekintve azt az alapvetet, hogy az eljárásnak megismételhetőnek kell lennie, a modellezést teljes mértékben dokumentálni kell. Ugyanakkor a modellezési eljárás csak akkor hoz értékelhető eredményt, ha értelmezési rendszere meghatározott. Ennek alapja a korábban említett részletesség megfelelő megválasztása. A szükséges elemek, illetve a granuláltság meghatározásához a lehetőség szerinti mértékig ki kell szűrni a szubjektív elemeket a vizsgálat teljes életciklusa alatt. Ez egyaránt érinti a modell kialakításának szakaszát is, a modell működésének vizsgálati szakaszát is, és a működés kiértékelésének szakaszát is.

A fentiek által válik egységessé a vizsgálat folyamata. Egységes lesz a művelet produktuma is, ami elősegíti a rendszerek vizsgálati eredményére vonatkozó igények egységesítését. Továbbá könnyebben válik lehetővé a rendszerek működésének adaptálása más szerveződésű rendszerekben. Például energetikai, mechanikai, informatikai, társadalmi szerveződések működési elvei adaptálhatóak egymás között.

2 AZ EGYSÉGES TÁRGYALÁSMÓD

A bevezetőben említettek előre vetítik, hogy egy rendszer biztonsági vizsgálata előtt meg kell határozni a vizsgálat peremfeltételeit és az érintett rendszer modellezésének részletességét. A modellezéshez a rendszer szerkezeti ismerete is szükséges. A rendszer paraméterei sokféleképpen rendszerezhetőek. Ennek eredménye, hogy a rendszervizsgálatok nem teljesen egységes módszereket követnek, vagyis a különböző biztonsági vizsgálatok szempontrendszerei eltérőek lehetnek. Emiatt a vizsgálatok eredményei is nehezen feleltethetőek meg egymásnak.

A rendszer vizsgálatának univerzális alapra helyezése biztosíthatja, hogy a vizsgálat szempontrendszere azonos legyen minden esetben. Továbbá biztosíthatja, hogy a vizsgálatok eredményei is összehasonlíthatók legyenek. Ha a filozófiai témakörök vannak egységes alapnak választva, akkor az erre épülő vizsgálati rendszer egységes taglalást tesz lehetővé, mivel minden tudományág a

filozófiából származtatható. Ezáltal a veszélyforrások, illetve a sérülékeny pontok keresésének szempontrendszere is egységessé válik. A főbb filozófiai témakörök [1], s a tanulmány céljából releváns kérdések az alábbiak:

- Létezés vizsgálata: Mi a létezés célja? Hogyan lehet biztosítani az egyedek vagy egycsoportok létezésének időbeli folytonosságát? Ennek milyen feltételrendszere van?
- Ismeret, megismerhetőség vizsgálata: Vajon megismerhetőek teljes mértékben az egyes szerveződések? Megismerhető-e a vizsgált rendszer szerkezete a modellezéshez szükséges mértékben? Mennyi szubjektivitás engedhető meg a rendszer vizsgálatában?
- Cselekvés, funkcionalitás, működés vizsgálata: Mi határozza meg a rendszerek cselekvését, működését? Hogyan lehet ezt modellezni? Milyen működési szabályokat lehet kimutatni az egyedek és a csoportok működésében?
- Igazság, validálás, irányítás: Mi tekinthető igaz állításnak? Melyek az igazság szubjektív és objektív elemei? Létezik-e objektív igazság? Milyen igazságtartalom befolyásolja a rendszer működésének validálását? Hogyan lehet modellezni a rendszerek elsőrendű (nem organikus) változásának kezelését?
- Változtathatóság, változás kezelése: Mit nevezünk organikus (másodrendű) változásnak? Milyen rendszer-tulajdonságok határozzák meg ennek lehetőségét, illetve lefolyását? Hogyan lehet modellezni, befolyásolni?

Az informatikai rendszerek vizsgálatánál a tárgyalás alapja a felsorolt témakörök informatikai megfelelője, melyek a konkrét informatikai biztonsági vizsgálat igényei szempontjából relevánsak. Ezek az alábbiak lehetnek:

- A rendszer létét meghatározó körülmények vizsgálata.
- A rendszer szerkezetének modellezése.
- A rendszer működésének absztrakciója.
- A rendszer elsőrendű változása, időbeli működése, statogeneze.
- A rendszer másodrendű, organikus változása, morfogeneze.

2.1 Létezés meghatározó körülmények

A rendszerek valós időben történő közvetlen létezési problémája a rendelkezésre állás. Ez vizsgálható energetikai és működési időintervallum szempontjából egyaránt. Az alábbi példákban látható, hogy a két fajta vizsgálati aspektus összefügg:

- Differenciált működési egyensúly vizsgálata: ez a pillanatnyi működés feltételének energetikai vizsgálata. Azt mutatja meg, hogy a rendszerbe kívülről érkező és a rendszerből távozó energia milyen feltételek esetén kerül egyensúlyba. Ezt a rendszer általános mozgásához tartozó egyenletrendszerből számított energia állapotokkal lehet modellezni. A vizsgálat eredménye megmutatja, hogy a rendszer rövidtávon milyen energia befektetés mellett tud folyamatosan működni.
- Önfenntartási egyensúly vizsgálata: annak az esetnek a vizsgálatát jelenti, amikor nem érkezik a rendszerbe kívülről energia. Vagyis a rendszer

energia tárolási és energia felhasználási egyensúlyának vizsgálata. Ez tartaléküzemi vizsgálatnak is nevezhető.

- Nagy amplitúdójú változás kezelése: ez a rendszerben tárolt energia és a rendszerbe kívülről érkező energia egyensúlyának vizsgálata. A rendszer mozgását leíró egyenletrendszer vizsgálatával modellezhető. Azon esetek keresése a cél, amikor a rendszer szingularitásba kerülhet (a működéssel összeegyeztethetetlen állapotba kerül). Ezt a fajta vizsgálatot nevezhetjük biztonsági vizsgálatnak.
- Hosszú távú működési egyensúly: a rendszer hosszú távú, teljes energetikai aspektusú vizsgálata. Ez a rendszer mozgását leíró egyenletrendszer hosszú időintervallumú vizsgálatát jelenti, mely fenntarthatósági vizsgálatnak fogható fel.

Ezek a vizsgálatok kimutathatják, hogy a rendelkezésre állás, a megbízhatóság növelése érdekében milyen rövid időintervallumú folyamatos, vagy időszakos hosszabb, illetve eseményvezérelt beavatkozásokat érdemes megejteni [2]. A rendelkezésre állás növeléséhez nagyban hozzájárulhat a felhőépítési technológiák működési elvnek kevert alkalmazása a felhőn kívüli infrastruktúra komponensekre is [3][4].

A rendszer létével kapcsolatos további vizsgálatok a rendszer létének közvetett fenyegetettségéről szólnak. Olyan esetekről, melyekben a rendszer konzisztenciája, integritása sérülhet.

A rendszer konzisztens állapota olyan állapot, mely a rendszer teljes egészére vonatkozóan egy adott időpillanatban lévő valóságos, vagy annak megfelelően modellezett állapotot határoz meg. A rendszer konzisztenciájának sérülése nem teszi lehetővé a további működés korábban meghatározott szabályszerűségét, ami által az alkotott modell érvénytelenné, a rendszer működése pedig bizonytalanná válik. Ilyen esetben megvan az esélye annak, hogy a rendszer működésképtelenné válik, vagy nem állítható elő annak korábbi időpontú modellezett állapota.

A rendszer integritásának megőrzése is fontos feladat. Célszerű biztosítani, hogy a rendszer elemei csak az engedélyezett relációkban vegyenek részt, s csak az engedélyezett módosulások jöhessenek rajta létre. Ezáltal lehet biztosítani a szabályszerű működést, és a modellezés megfeleltetését. Az integritás sérülése esetén megvan az esély arra, hogy inkonzisztens állapot jöjjön létre.

A biztonsági vizsgálat célja a rendszer mindazon aspektusainak megvizsgálása, amelyekben a rendszer biztonsága a fentiek szerint közvetlenül vagy közvetetten befolyásolható. Az említettekkel összhangban alakult ki a biztonságtudományi paradigma, amely meghatározza a vizsgálatot az alábbi biztonsági aspektusok szerint [5]:

- rendelkezésre állás,
- sértetlenség (konzisztencia),
- bizalmasság (integritás).

2.2 Szerkezet modellezése

Az informatikai infrastruktúrák általános rétegszerkezete jellemezhető lenne az OSI-moddal. Azonban a tároló-környezeti hálózatok és a korábban már említett felhőépítési technológiák megjelenésével a kommunikáció is többrétegűvé vált. Továbbá a rendelkezésre állás növelésének szándéka miatt fontossá

váltak a rendszer azon elemei is, melyek ugyan a természetes erőforrások kezelési szintjén vannak jelen, de mégsem a hálózat fizikai rétegét jelentik [6] (például az erősáram betáplálás és annak vezérlési rendszere).

A rendszerek hagyományos modelljének nagyvonalú tagozódása a következő volt: hálózat, hardver, operációs rendszer, adatbázis-réteg, alkalmazás-réteg. Ebben a megközelítésben az operációs rendszer osztotta el a hardver által előállított IT erőforrásokat és kezelte a hálózati erőforrásokat. A modell megváltozott a virtualizáció megjelenése után. A virtualizáció új réteggé jelent meg a hardver és az operációs rendszer között. Ez a technológia lehetővé teszi, hogy rugalmasan és granuláltan lehessen kezelni a hardver által biztosított erőforrásokat. Ezáltal megvalósítható, hogy a feldolgozópontok a nekik szükséges, és csak a szükséges erőforrásokat megkapják. Továbbá az alkalmazott rendszerépítési technológiáknak köszönhetően ez a réteg erősen befolyásolja a rendelkezésre állást, a kapacitást és a mérhetőséget is. Így a szerkezet vizsgálatát ennek a rétegnek a vizsgálatával érdemes kezdeni.

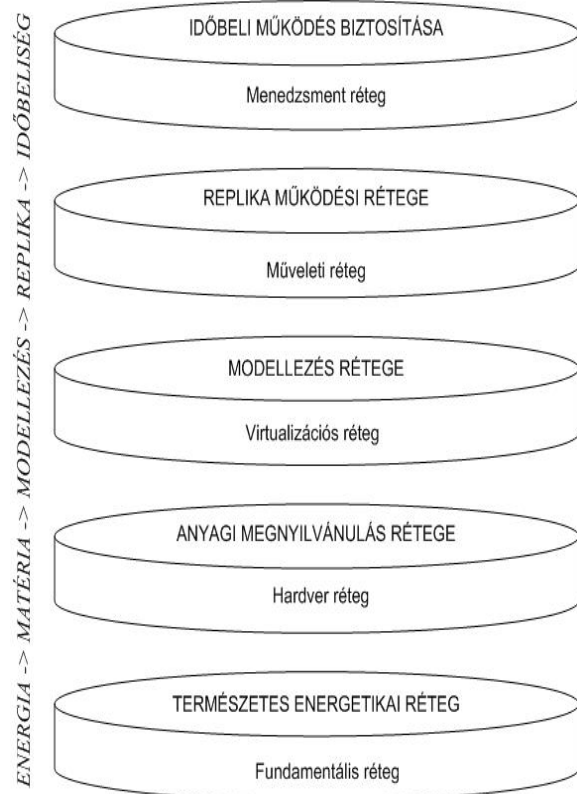
A virtualizáció lényege, hogy a virtualizációs réteg alatt működő tényleges erőforrások el vannak fedve, s ezekből csak a szükséges mennyiségű és minőségű kapacitás van prezentálva a magasabb rétegek felé a számukra szükséges módon [7]. E technológia használata esetén a fizikai IT erőforrásokat, azaz az adattárolókat, a feldolgozási kapacitást és a kommunikációs elemeket mennyiségi és minőségi megfontolások alapján új, logikai erőforrás csoportokba lehet rendezni. A feldolgozás biztosítására ezek által újra lehet szervezni az erőforrás készleteket. A fizikailag használt IT erőforrások ily módon elkülönülnek a logikailag szükséges IT erőforrásoktól.

A virtuális réteg felett a hagyományos modell szerinti operációs rendszer található. De az egységes taglalás érdekében ezt a réteget úgy érdemes tárgyalni, hogy az operációs rendszer, az adatbázis-réteg, az alkalmazás-réteg és az adatkapcsolati komponensek egyetlen réteget alkotnak: a műveleti réteget [8]. Ennek a rétegnek a platformja az operációs rendszer. A réteg fő feladata pedig a rendszer funkcionális folyamatainak megvalósítása. A műveleti réteg felett lévő legfelső menedzsment réteg pedig továbbra is a rendszer időbeli működését biztosítja.

A virtuális réteg alatt található a hagyományos modellben is meglévő hardver réteg, ami előállítja a fizikai IT erőforrásokat, vagyis a feldolgozás, tárolás és továbbítás fizikai szükségleteit. Továbbá a modellbe legalsó réteggé érdemes bevinni azokat az energetikai komponenseket, amelyek előállítják a hardver réteg számára szükséges építészeti és épületgépészeti erőforrásokat, mert ezek működése is hatással van a rendszer egészére. Ez a legalsó réteg nevezhető fundamentális rétegnek [8].

Az infrastruktúra rétegszerkezetét az 1. ábra mutatja. Megfigyelhető, hogy az egyes rétegek az elméleti modellezés absztrakciós szintjeinek felelnek meg: energia, anyag, absztrakció, modell, fenntarthatóság. Továbbá az is észrevehető, hogy az összes réteg feladata végeredményben arra összpontosul, hogy biztosítsák a műveleti réteg által megvalósított funkcionális folyamatok minél magasabb szintű mennyiségi és minőségi megvalósítását. Az általános rétegszerkezetről még megállapíthatók a következők [8]:

IT infrastruktúrák rétegszerkezete



1. ábra: Az IT infrastruktúra szerkezeti rétegei

- Adott réteg csak a közvetlenül alatta és felette levő rétegekkel kommunikál.
- Adott réteg az alatta lévő réteg felhasználója, illetve a felette lévő réteg kiszolgálója.
- A kommunikáció csatornája az alsó rétegben van.

Az egyes rétegek pedig az 1. ábráról leolvashatóan a következők:

- Fundamentális réteg – az energiakezelés rétege.
- Hardver réteg – a fizikai megjelenés rétege.
- Virtualizációs réteg – az emberi modellalkotásnak megfelelő réteg.
- Műveleti réteg – a modell működési rétegének felel meg.
- Menedzsment réteg – a rendszer valós időben történő működését biztosítja.

2.3 Működés absztrakciója

Az egységes tárgyalás érdekében a rendszer működésének modellezését is filozófiai alapokra érdemes helyezni. Az ember a világot egy adott pillanatban úgy ábrázolja magában, hogy a probléma megoldásának érdekében történő modellezéshez szükséges részeket kiemeli és megtartja, a szükségtelen elemeket pedig figyelmen kívül hagyja. A megmaradt rendszerelemek absztrakciója teszi lehetővé a logikai modell felépítését [9]. Az ember által használt absztrakt kategóriák megfeleltethetők az informatikai modellezésben használatos információk alapfunkcióknak.

Az ember a modell alkotása közben a valóság minden elemét három absztrakt kategória valamelyikébe sorolja be. E három absztrakt kategória, s az informatikában használt megfelelőjük az alábbiak [8]:

- Dolog, amely funkcióval bír – IT megfelelője az átalakítás vagy feldolgozás.
- Tulajdonság, mely meghatározza a dolog működését – IT megfelelője a tárolás.
- Viszony, mely meghatározza a dolgok relációját – IT megfelelője a továbbítás vagy kommunikáció.

A fenti gondolatmenet alapján az IT modellalkotás paradigmális hármasa a tárolás, az átalakítás, illetve a továbbítás. Az IT rendszerek logikai modelljének felépítésekor e paradigma is használható. Ez a fajta rendszerezés független a korábban említett rétegszerkezettől, így egy új dimenziót ad hozzá. Ha a rétegszerkezet tekintendő vertikális tagolódásnak, akkor az absztrakt kategóriák adják a horizontális tagolódást.

2.4 Statogenezis és morfogenezis

A filozófiai igazságelmélet megfelelője a statogenezis, mely tartalmazza a különböző aspektusú validálási lehetőségeket (pl: pénzügyi, geográfiai, társadalmi...), továbbá tartalmazza a kívánt állapottól való eltérések megszüntetésére alkalmazott rendszerirányítási módszerek vizsgálatát is.

A filozófiai változáskezelés megfelelője a morfogenezis, mely tartalmazza többek között a változtathatóság lehetőségének és lefolytathatóságának vizsgálatát. Emellett tartalmazza még a validálási rendszer változásának vizsgálatát is, s a változás követését megvalósító teljes életciklus vizsgálatát is. Ez utóbbi alrendszereket szokták vállalatirányítási alrendszereknek hívni [6].

A statogenezist és a morfogenezist az absztrakt kategóriák kiterjesztéseként érdemes értelmezni. Így a statikus jellegű absztrakt modell időben működővé, dinamikussá válik. Az IT rendszerek funkcionalitással is kiegészített rétegszerkezetét a 2. ábra mutatja.

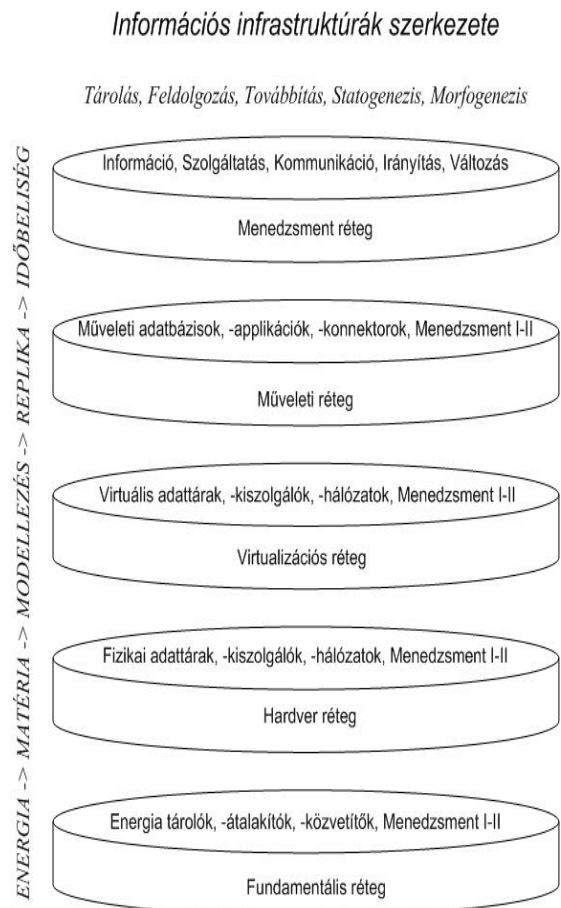
3 A MODELL ÉS AZ ASPEKTUS-CSOPORTOK

A korábbi leírás alapján az IT infrastruktúra vizsgálatának segítségéhez egy háromdimenziós általános modell illik a legjobban, amely alkalmas a biztonsági aspektusrendszer előállítására.

Az egyes dimenziók lépték értékeit az éppen aktuálisan előállítandó aspektusrendszer részletességi előírásai szerint érdemes kialakítani. Vagyis annak megfelelően, hogy milyen részletes vizsgálatra van szükség. A minimálisan javasolt lépték értékek a korábban említett szerkezeti, funkcionális és biztonsági dimenziókban az alábbiak:

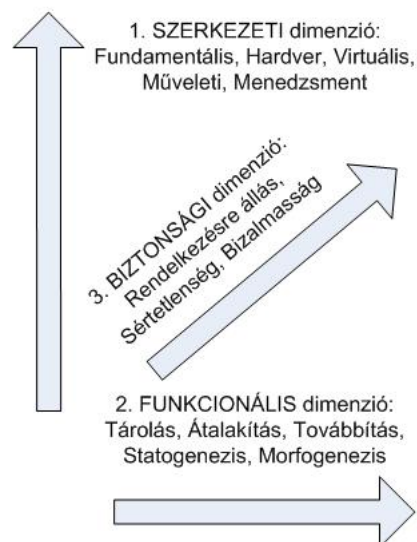
- Szerkezeti dimenzió: fundamentális, hardver, virtuális, műveleti, menedzsment.
- Funkcionális dimenzió: tárolás, átalakítás, közvetítés, statogenezis, morfogenezis.
- Biztonsági dimenzió: rendelkezésre állás, sértetlenség, bizalmasság.

A dimenziók kialakítását a 3. ábra mutatja. Részletesebb vizsgálat esetén granuláltabb lépték értékek is használhatóak. Például a statogenezis szétbontható validálásra és irányításra, vagy akár részletezhető több komponens is.



2. ábra: Az IT infrastruktúra funkcionális rétegszerkezete

Dimenziók kialakítása



3. ábra: Modellezés dimenzióinak kialakítása

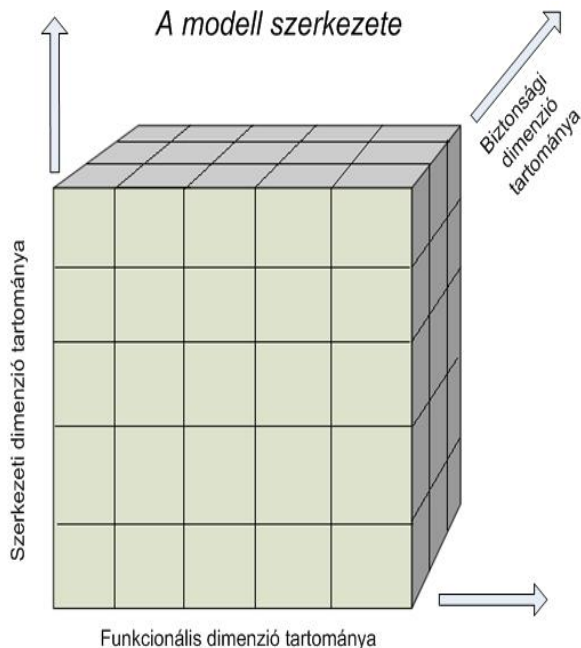
3.1 A modell használata vizsgálathoz

A fenti háromdimenziós modellt egy három ismeretlenes függvényként érdemes értelmezni. A függvény adott térbeli ponthoz tartozó kimeneti értéke egyszerűen a lépték értékek felsorolása. Ezáltal a függvény értékkészlete megegyezik az egyes dimenziók lépték értékeinek Descartes-szorzatával. A modell szerkezetét a 4. ábra mutatja.

A modell használata során a teljes értékkészletet meg kell megállapítani és ki kell olvasni. Az értékkészlet minden egyes pontja egy aspektus-csoportot határoz meg, amely szerint érdemes a rendszert megvizsgálni. Az aspektus-csoportokat a vizsgált rendszer konkrét implementációjának megfelelően kell aspektusokra bontani. Ennek megfelelően a javasolt lépték értékekkel felvett modell, amely összesen $3 \times 5 \times 5 = 75$ aspektus-csoportot tartalmaz, a kiértékelés végére az implementáció bonyolultságának megfelelően akár több száz konkrét aspektust is eredményezhet a vizsgálat számára.

A javasolt modellben, rövidített felsorolással, a teljesség igénye nélkül az alábbi függvényértékek állnak elő. A listában megtalálhatóak az egyes függvényértékekhez tartozó aspektus-csoportok szöveges olvasatai is, illetve egy-egy releváns implementációfüggő példa aspektus is:

- Az első függvényértékhez tartozó megállapítások:
 - o A függvény értéke: [fundamentális, tárolás, rendelkezésre állás].
 - o Az aspektus-csoport értelmezése: a fundamentális rétegben az energiatároló komponensek rendelkezésre állása.
 - o Példa implementációs aspektusra a logikai aspektus-csoporton belül: szünetmentes tápegységek akkumulátorainak magas rendelkezésre állási megoldása.



3. ábra: A modell szerkezete

- A következő függvényértékhez tartozóak:
 - o A függvény értéke: [fundamentális, tárolás, sértetlenség].
 - o Az aspektus-csoport értelmezése: a fundamentális rétegben az energiatároló komponensek konzisztens működése.
 - o Példa implementációs aspektusra a logikai aspektus-csoporton belül: aggregátor üzemanyag tárolójának feltöltési szabályzata.
- ...
- Közbülső, hardver-rétegbeli függvényértékhez:
 - o A függvény értéke: [hardver, átalakítás, rendelkezésre állás].
 - o Az aspektus-csoport értelmezése: a hardver rétegben a feldolgozó komponensek rendelkezésre állása.
 - o Példa implementációs aspektusra a logikai aspektus-csoporton belül: fizikai kliens gépek fizikai szintű magas rendelkezésre állást biztosító megoldása.
- A következő függvényértékhez tartozóak:
 - o A függvény értéke: [hardver, átalakítás, sértetlenség].
 - o Az aspektus-csoport értelmezése: a hardver rétegben a feldolgozó komponensek sértetlensége.
 - o Példa implementációs aspektusra a logikai aspektus-csoporton belül: fizikai kiszolgálók megfelelő fizikai elhelyezése.
- ...
- Közbülső, virtuál-rétegbeli függvényértékhez:
 - o A függvény értéke: [virtuális, továbbítás, sértetlenség].
 - o Az aspektus-csoport értelmezése: a virtuális rétegben lévő kommunikációs komponensek konzisztenciája.
 - o Példa implementációs aspektusra a logikai aspektus-csoporton belül: a virtuális hálózati eszközök konfigurációjának mentése.
- A következő függvényértékhez tartozóan:
 - o A függvény értéke: [virtuális, továbbítás, bizalmasság].
 - o Az aspektus-csoport értelmezése: a virtuális rétegben lévő kommunikációs komponensek integritása.
 - o Példa implementációs aspektusra a logikai aspektus-csoporton belül: a virtuális hálózati eszközök jogosultságrendszere.
- ...
- Közbülső, műveleti-rétegbeli függvényértékhez:
 - o A függvény értéke: [műveleti, statogenezis, sértetlenség].
 - o Az aspektus-csoport értelmezése: a műveleti rétegben lévő, operatív beavatkozást végző alrendszerek konzisztens működése.
 - o Példa implementációs aspektusra a logikai aspektus-csoporton belül: az automatikus operatív beavatkozást végző alrendszerek konfigurációjának mentése.
- A következő függvényértékhez tartozóan:
 - o A függvény értéke: [műveleti, statogenezis, bizalmasság].

- Az aspektus-csoport értelmezése: a műveleti rétegben lévő, operatív beavatkozást végző alrendszerek integritása.
- Példa implementációs aspektusra a logikai aspektus-csoporton belül: az automatikus operatív beavatkozást végző alrendszerek jogosultságrendszere.
- ...
- Az utolsó előtti függvényértékhez tartozóan:
 - A függvény értéke: [menedzsment, morfogenezis, sértetlenség].
 - Az aspektus-csoport értelmezése: a menedzsment rétegben lévő, és változásmenedzsmentet megvalósító komponensek konzisztens kezelése.
 - Példa implementációs aspektusra a logikai aspektus-csoporton belül: a pénzügyi vállalatirányítási rendszer mentései.
- Az utolsó függvényértékhez tartozóan:
 - A függvény értéke: [menedzsment, morfogenezis, bizalmasság].
 - Az aspektus-csoport értelmezése: a menedzsment rétegben lévő, és változásmenedzsmentet megvalósító komponensek integritása.
 - Példa implementációs aspektusra a logikai aspektus-csoporton belül: a pénzügyi vállalatirányítási rendszerben a szerepörök rugalmas kialakítása.

4 ÖSSZEGZÉS

Az ember modellt alkot a valós rendszerek vizsgálatának megkönnyítése érdekében. A modell alkotása közben sok szubjektív ítélet kerül előtérbe. Ennek minimalisra csökkentése biztosíthat egy egységes módszert arra, hogy a vizsgálat szempontrendszere dokumentáltan, megismételhetően előállítható legyen. Egy egységes modellalkotási módszerben benne rejlik a közös platformról való indulás és az egységes modellezési eljárás lehetősége is. Ilyen megoldás használata esetén könnyebben összehasonlíthatók a vizsgálati szempontrendszerek és az IT infrastruktúrák informatikai biztonsági vizsgálatainak eredményei is.

A filozófiai alaptémakörökre való modellépítés univerzálissá teheti a gondolkodásmódot. Ez a feltételezés azon alapul, hogy minden tudományág a filozófiából alakult ki. A fő filozófiai témakörök analógiájára történő rendszervizsgálat a létezését befolyásoló tényezők, a szerkezetet meghatározó komponensek, a rendszer funkcionális tagozódását biztosító folyamatok és a rendszer időbeli mozgását, szervezeti változását meghatározó tényezők vizsgálatával tehető meg.

A létezését befolyásoló tényezők alkotják a vizsgálati modell fő biztonsági aspektusait. A biztonsági paradigmának megfelelően ezek a rendelkezésre állás, sértetlenség, bizalmasság kérdéseire épülnek. A szerkezeti vizsgálat az IT infrastruktúra egymásra épülési elvének megfelelően történhet, amely egyben az emberi absztrakció szintjeinek analógiája. A létrejövő szerkezeti rétegek az energetikai, a materiális, a modellalkotási, a működési és a menedzsment rétegek. A funkcionális tagozódás az információs funkcionalitás szerinti tagozódásra épül, mely vissza lett vezetve az emberi gondolkodás absztrakt kategóriáira. E funkciók

kiegészítése az elsődleges és másodlagos rendszerváltozások lehetőségével dinamikus funkcionális szempontrendszert alkot. Ennek elemei így a tárolás, az átalakítás, a továbbítás, a statogenezis és a morfogenezis.

A biztonsági, szerkezeti, funkcionális szempontokat egymástól függetlenül lehet vizsgálni. A javasolt modell szerkezete ezért egy 3d modell, melynek dimenziói az említett szempontrendszerek. Az így kialakított modellel 75 aspektus-csoport állítható elő IT infrastruktúrák informatikai biztonsági vizsgálatához. Az aspektus-csoportok pedig a konkrét implementáció szerinti aspektusokra bonthatók.

Összegezve: a filozófiai alapkérdések elősegítik a rendszer logikai modelljének kialakítását. Az absztrakt kategóriák a funkcionális szétválaszthatóságot, az absztrakciós szintek a rétegekre bontást, a biztonsági paradigma pedig a biztonsági aspektuskeresés lehetőségét biztosítja. Mindezek használatával egy egységes, egyszerűen használható aspektuskereső eljárás lett szerkesztve, mellyel könnyebbé válhat a veszélyforrások és a sérülékeny pontok keresése.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A publikáció alapjául szolgáló kutatás a „Integrált Intelligens Vasútfelügyeleti Rendszer kifejlesztése” című projekt keretében zajlott (Pályázati azonosító: GINOP-2.2.1-15-2017-00098).

ACKNOWLEDGEMENT

The research on which the publication is based has been carried out within the framework of the project entitled “The Development of Integrated Intelligent Railway Information and Safety System” (Application number: GINOP-2.2.1-15-2017-00098).

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Dörömbözi, J. (2011). *A filozófia alapjai*. Budapest. Nemzeti Tankönyvkiadó. ISBN: 9789631964653
- [2] Kovács, Z. (2015). *Az infokommunikációs rendszerek nemzetbiztonsági kihívásai*. Disszertáció, 118-119. Nemzeti Közzolgálati Egyetem, Katonai Műszaki Doktori Iskola. http://archiv.uni-nke.hu/feltoltes/uni-nke.hu/konyvtar/digitgy/phd/2015/kovacs_zoltan_2015.pdf
- [3] Rajnai, Z., & Ruboczki, E. Sz. (2015). Moving Towards Cloud Security. *Interdisciplinary Description of Complex Systems*, 13:(1), 9-14. <https://hrcak.srce.hr/file/197342>
- [4] European Commission (2012). *A Roadmap for Advanced Cloud Technologies under H2020*. Publications Office of the European Union. <http://cordis.europa.eu/fp7/ict/ssai/docs/cloud-expert-group/roadmap-dec2012-vfinal.pdf>
- [5] Muha, L., & Krasznay, Cs. (2014). *Az elektronikus információs rendszerek biztonságának menedzselése*, 7-15. Nemzeti Közzolgálati Egyetem. ISBN:978-615-5491-65-8. <http://m.ludita.uni-nke.hu/repozitorium/bitstream/handle/11410/9975/Teljes%20sz%C3%B6veg%21?sequence=1&isAllowed=y>
- [6] Muha, L., & Krasznay, Cs. (2014). *Az elektronikus információs rendszerek biztonságának menedzselése*, 55-59. Nemzeti Közzolgálati Egyetem. ISBN:978-615-5491-65-8
- [7] Albini, A. (Unpublished): Theoretical study of Cloud Technologies. *Obuda University e-Bulletin*. Obuda University.
- [8] Albini, A., & Rajnai, Z. (Unpublished). General Architecture of Cloud. The 11th International Conference INTER-ENG, 5-6 October 2017, Petru Maior University of Targu-Mures, Romania. *Procedia Manufacturing*.
- [9] Kovács, Z. (2015). *Az infokommunikációs rendszerek nemzetbiztonsági kihívásai*. Disszertáció, 42-88. Nemzeti Közzolgálati Egyetem, Katonai Műszaki Doktori Iskola.

Q-módszertan alkalmazása katasztrófavédelmi gyakorlatok értékeléséhez

Use of Q-methodology for Evaluating Disaster Management Exercise

Jackovics Péter

Biztonságtudományi Doktori Iskola, Budapest, Magyarország
peter.jackovics@katved.gov.hu

Összefoglalás — A Q-módszertan alapjait William Stephenson brit fizikus és pszichológus dolgozta ki még 1935-ben, majd az ezt követő évtizedekben publikált számos munkájában a módszert továbbfejlesztette, finomította és részleteiben is kibontotta. A Q-módszertan olyan egzakt, tudományosan jól megalapozott tudományfilozófiai és statisztikai módszertani keret és szemléletmód, amelynek segítségével a különböző egyéni módokon megélt pszichológiai helyzetekhez kapcsolódó szubjektív objektív tudományos eszközökkel mennyiségileg megragadható. A Q-módszertan bizonyos értelemben egyesíti a kvalitatív és a kvantitatív kutatási tradíciók erejét.

A Q-módszertannal a katasztrófavédelmi gyakorlat értékelését végezték el, megvizsgálva azt, hogy a szubjektív értékítéletek mellett, eredményesen alkalmazható-e a módszer a gyakorlatok értékelésére, levonhatóak-e belőle tanulságok.

Kulcsszavak: Q-módszertan, Katasztrófavédelem, Gyakorlat, Értékelés, Faktoranalízis

Abstract — The Q-methodology was developed by British physicist and psychologist William Stephenson in 1935, and the method has been further developed, refined and detailed in many of his work published in the following decades. The Q methodology is an exact, scientifically well-established philosophical and statistical methodological framework and approach that can quantitatively capture subjectivity related to psychological situations in different individual modes through objective scientific tools. The Q-methodology, in a sense, combines the power of qualitative and quantitative research traditions.

The Q-methodology was used to evaluate the disaster management exercise by examining whether subjective evaluations able to evaluate an exercise, and lessons learned can be identified from it.

Keywords: Q-methodology, Disaster Management, Exercise, Evaluation, Factor Analysing,

1 BEVEZETÉS

A Q-módszertan egy olyan átgondolt és matematikailag megalapozott módszertan és szemlélet, amelyet az emberi szubjektív véleményeknek az elemzésére és

megjelenítésére fejlesztett ki William Stephenson (1953), amerikai fizikus és pszichológus. Újszerűsége abban rejlik, hogy számszerűsítve képes megjeleníteni egy adott személyen belüli vagy egy csoportban megjelenő vélemény-mintázatokat. A módszer válaszadóit arra kértem, hogy katasztrófavédelmi gyakorlattal kapcsolatban (*Kérdés: Mely tényezők járulnak hozzá egy sikeres katasztrófavédelmi gyakorlathoz?*) fejezzék ki egyetértésüket vagy egyet nem értésüket egy előre meghatározott skála mentén, meghatározott skála szerint. A Q-módszertan matematikai háttérét korrelációs számítás és módosított szemléletű faktoranalízis adja, amelyek segítségével a hasonló véleményekből közös csoportokat, faktorokat hozhatunk létre [1].

A módszertan nem követeli meg a kvantitatív elemzések megbízhatóságához szükséges mintanagyságot, ezzel egyidejűleg nem alkalmas reprezentatív típusképzésre, csak tipikus véleményformák előállításával segíti felmérést végzőt az alakfelismerésben [2]. A vizsgálatba viszonylag kevés, általában 30-50 személyt vonnak be, akiket meghatározott kritériumok alapján választanak ki. Jellegzetességei miatt a Q-módszertan összekapcsolja a kvalitatív és a kvantitatív kutatási eljárásokat, kombinálva mindkét kutatási módszer előnyeit [3].

2 Q-MÓDSZERTAN ALKALMAZÁSA

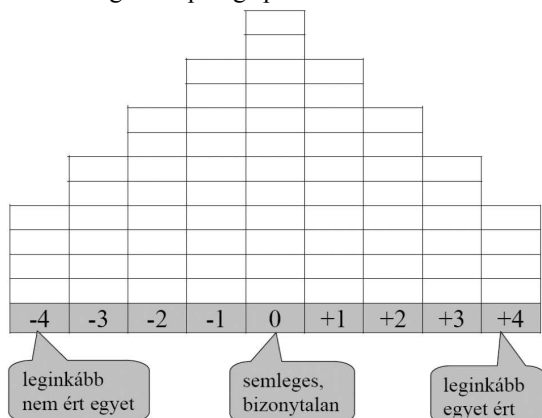
A Q-módszertan kiindulási pontja mindazon lehetséges vélemények, hitek, álláspontok összegyűjtése, amelyek a kutatott témával kapcsolatban felmerülhetnek. A cél a lehetséges vélemények minél szélesebb körű lefedése, továbbá, hogy az ezek reprezentatívak legyenek a lehetséges vélemények összességére. Ezek után a különböző véleményeket általában egy-egy állításként fogalmazzuk meg. Az állítások száma általában 20 és 100 között van. Az egyes állításokat kártyákon mutatják be a válaszadóknak [4].

Miután rendelkezésre áll a vizsgálandó kérdéssel kapcsolatos vélemények halmaza (Q-készlet: állítások), az adatgyűjtés során a válaszadók feladata, hogy ezeket az állításokat sorba rendezzék. A megkérdezettek általában azt az instrukciót kapják, hogy az egyes állításokról mondják meg, mennyire értenek azokkal egyet. Az állítások elrendezése egy rácshálóban történik [5].

A Q-módszertan kidolgozásával Stephenson célja az volt, hogy valamilyen módon mérhetővé és tudományosan feldolgozhatóvá váljon az emberek szubjektivitása,

értékelést igénylő szituációban miként döntenek. A módszert elméletben bármilyen kérdésben lehet alkalmazni, amelyről a megkérdezni kívánt személynek van kialakult véleménye vagy benyomása. A Q-módszertan egyik nagy előnye, hogy bár statisztikai módszerekkel dolgozik, használatának nem feltétele a vizsgálati személyek nagy száma, mert a megkérdezett emberek az adattáblázatban nem mint esetek, hanem mint változók szerepelnek, és ezért a vizsgálat akár egyetlen emberrel is elvégezhető [6].

A módszer célja a direkt választáson alapul és a szubjektív értékelés számszerűsítésével, az értékelési adatok feldolgozása pedig speciális szoftverrel történik.



1. ábra: A Q-módszertan „kényszer-választás” technikája: 68 állítás rendezése, 9 fokozatú skálán. Forrás: BME APPI Ergonómia és Pszichológia Tanszék

A „kényszer-választás” (forced distribution) az állításokat egy normális eloszlást közelítő „keretbe” kell rendezni (1. ábra). A két szélső véleményhez (amellyel a válaszadó leginkább, illetve leginkább nem ért egyet) kerül a legkevesebb állítás, majd a skála közepe felé haladva egyre több állítás kerül az egyes kategóriákba, míg végül a középső kategóriába fog a legtöbb állítás kerülni. Az ezzel az osztályozással kapott új skála mindenképpen páratlan fokszámú és úgy van megkonstruálva, hogy ezen új skála eloszlása jól közelítse a normális eloszlást. A skála szélessége általában 5 és 11 kategória között van [7].



2. ábra: Q-módszertan fő lépései. Saját szerkesztés

3 KATASZTRÓFAVÉDELMI GYAKORLAT ÉRTÉKELÉSE

Gyakorlat a vezetők, az irányító szervek, a szervezetek alaprendeltetésére való felkészítésének legfőbb formája, alapvető módszere, amelyen a résztvevők a különböző

formában megszerzett elméleti ismereteik birtokában, feltételezett helyzet alapján oldják meg feladataikat [7].

Törzsvezetési gyakorlat:

- tartalom és levezetés szempontjából a gyakorlat egyik formája;
- a gyakorlatvezető elméletben papíralapú, vagy elektronikus térképen, korlátozás nélküli helyszínen vezeti egy feltételezett helyzetben szervezeti a gyakorlatozó személyi állományt;
- lehet egyfokozatú, amikor a feltételezés szerint egyfajta (vagy egy) eseményt kell megoldani a résztvevőknek a saját szervezetükkel, és lehet többfokozatú, amikor több (különböző) esemény felszámolása a kitűzött cél, több szervezeti egység bevonásával.

Komplex gyakorlat egyfelől a gyakorlatok szervezésével kapcsolatos követelményt jelenti, másfelől a gyakorlatok tervezésénél a feladatot (feladatokat) megoldók (végrehajtók) támogatására más szervezetek bevonásával az együttműködés gyakorlása is cél.

Gyakorlati képzés a gyakorlati ismeretek nyújtása és alkalmazása, készségek kialakítása és fejlesztése érdekében végzett képzési tevékenység, amelynek tartalmát, időkeretét, a szükséges eszközök minimumát a katasztrófavédelmi képzési programok tartalmazzák.

A gyakorlatok célja:

- a teljesítmény és a felkészültség ellenőrzése;
- a tervek, eljárásrendek megfelelőségének ellenőrzése;
- a valósághű vagy ahhoz közeli körülmények közötti képzés megvalósítása;
- az új koncepciók, fejlesztések működőképességének és hatékonyságának ellenőrzése;
- a rendelkezésre álló eszközök ellenőrzése, a hiányosságok felmérése;
- a szervezetek közötti együttműködési feladatok begyakorlása.

4 KATASZTRÓFAVÉDELMI GYAKORLATOK CÉLJA, ÉRTÉKELÉSE

A törzsvezetési gyakorlat célja, a veszélyhelyzet-kezelési képesség fejlesztése, a rendelkezésre álló erő-eszközök csoportosíthatóságának vizsgálata, valamint a védelmi igazgatási célú infokommunikációs eszközök alkalmazásának gyakorlaltatása. A törzsvezetési gyakorlat egy feltételezett esemény alapján, előre kidolgozott forgatókönyv szerint hajtják végre. A gyakorlat során cél a döntési jogosultsággal rendelkező vezetők vezetési, irányítási képességének fejlesztése, az állomány tervező, szervező, végrehajtó munkájának gyakorlaltatása és az ezzel kapcsolatos ismeretek, valamint a veszélyhelyzeti kommunikációs képesség, működőképesség felmérése, valamint a technikai eszközök állapotának ellenőrzése.

Komplex gyakorlat célja, a veszélyhelyzet-kezelési képesség fejlesztése, az erő-eszközök átcsoportosításának gyakorlaltatása, az átcsoportosítások valós lehetőségeinek vizsgálata, a feladatok időbeli megvalósíthatóságának vizsgálata, valamint a védelmi igazgatási célú infokommunikációs eszközök alkalmazásának gyakorlaltatása. A komplex gyakorlat a katasztrófavédelem egységei, szakterületei közötti együttműködés gyakorlására szervezett foglalkozás.

A részleges szimulációs gyakorlat célja, hogy a komplex gyakorlatot megelőzően, ahhoz szorosan kapcsolódva egy valós veszélyhelyzet-kezelési eseményre a lehető leghatékonyabban fel lehessen készülni, cél a különböző döntési jogosultsággal rendelkező irányítási, vezetési szintek munkájának, ismereteinek a gyakorlása, a komplex gyakorlat tervezési folyamatainak szükség szerinti módosítása, javítása.

A komplex gyakorlat tervezési, koordinációs, kommunikációs és együttműködési folyamatainak lehető hatékony megvalósulása érdekében, az előre kidolgozott forgatókönyv szimulálásával – szükség esetén a valós helyszínen, terepen – érik el a felkészülés célját. Komplex gyakorlat - EU és NATO terminológia szerinti teljes skálájú terepgyakorlat (Full-Scale Exercise, FSX). Az Európai Unió által finanszírozott, hazánkban is megvalósuló projektek keretében lefolytatott gyakorlatok. A gyakorlat minősítése lehet megfelelt vagy nem megfelelt.

A katasztrófavédelmi gyakorlatokat elsősorban szubjektív módon értékelik azok, akik a gyakorlatot vezetik, azaz nem elkülönített módon. A módszer eddig nem tette lehetővé az objektív értékelést úgy, hogy nem a gyakorlatban érintett személy értékelje a gyakorlat eredményét. A Q-módszertannal végzett értékelés a szubjektív vélemények feldolgozását objektív módon teszi lehetővé, hiszen több személy együttes véleményalkotását teszi lehetővé. A Q-módszertan alkalmazására jó lehetőség adódott egy nemzetközi katasztrófavédelmi gyakorlat alkalmával, ahol öt napos programja keretében értékelhették a hazai és külföldi szakértők a gyakorlat eredményességét.

5 UNIÓS GYAKORLATOK ÉRTÉKELÉSE

Az Európai Bizottság Európai Polgári Védelmi és Humanitárius Segítségnyújtási Főigazgatósága (DG ECHO) 2015-ben megelőzési és felkészülési projektekre kiírt pályázatára Magyarország, Szlovákia, Horvátország és Szerbia nyújtott be támogatási kérelmet a BM Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság (BM OKF) projektvezetésével. Mivel mind a négy ország ki van téve az árvízi veszélynek, és az elmúlt években ezekben az országokban az árvizek súlyos pusztítást végeztek, a közös megelőzési és felkészülési projekt témájával - nem meglepő módon - az árvizeket választották [7].

A támogatási megállapodás szerint a négy ország öt Projekt Partnere Munkaműhelyeket és Értekezleteket szervezett, amelyeken nagyszabású, terepgyakorlatot készítettek elő. Ennek során szimulálták a közös beavatkozást a forgatókönyv szerint áradó Tiszán, ahova a feltételezés szerint azonnali, többnemzeti, több egységet átfogó (multi-moduláris) segítségre van szükség.



3. ábra: Az uniós katasztrófavédelmi gyakorlat jó alkalmat adott a Q-módszertan alkalmazására, a gyakorlat értékelésére, Fotó: BM OKF

Az EURban Water Aid (EUWA) projekt csúcspontjaként, 2017. április 2-7. között Szabolcsveresmarton egy 405 fős árvízi szimulációs gyakorlatot tartottak (3. ábra) a BM OKF vezetésével A gyakorlat értékelését a partnerek erre kijelölt senior szakértői végezték el. Az öt Projekt Partneren kívül a Szabolcs-Szatmár-Bereg Megyei Katasztrófavédelmi Igazgatóság, a Felső-Tisza-vidéki Vízügyi Igazgatóság, a Nyír Mentőcsoport és a Magyar Vöröskereszt is részt vett a gyakorlaton [7].

Szabolcsveresmart és a településhez tartozó Rétközi-tó adott helyet a gyakorlatnak, melynek középpontjában az árvíz által okozott károk elleni védekezés állt. Az árvízi beavatkozó csapatokon kívül az eseményen oktatók, értékelők, szerepjátékosok, gyakorlatirányítók és támogató munkatársak is részt vettek, összesen több mint 300-an. A gyakorlat különböző árvízi beavatkozási technikákból állt, beleértve a vízi mentést, a vízszivattyúzást, a víztisztítást és az árvízvédelmet.

A gyakorlat forgatókönyve szerint az Ukrajnából érkező árhullám, valamint a jelentős mennyiségű csapadék következtében a gát átszakadt és a település víz alá került. A helyi szakemberek erőforrásai és eszközei mellett nemzetközi segítségre is szükség volt. A tavon kis utcákat és épületeket imitáló installációkat alakítottak ki, innen kellett a csapatoknak a katasztrófa áldozatait, állatokat és értékeket kimenteni. A mentőcsapatokon kívül a katasztrófa áldozatainak szerepét játszó statiszták még életszerűbbé tették a gyakorlatot.

A gyakorlattal párhuzamosan zajlott a gyakorlat értékelése Q-módszertannal. Az értékelés során azt a választ keresték, „Mi járul hozzá egy sikeres gyakorlat végrehajtásához?”. Az értékeléssel a gyakorlat előtt és után is vizsgálta a 9 fős értékelői csoport a kérdésnek való megfelelést. Az értékelésen 1 fő szerb (víztisztítási), 1 fő horvát (polgári védelmi), 1 fő szlovák (polgári védelmi) szakértő és 3 fő magyar víztisztítási és 3 fő magyar polgári védelmi szakértő dolgozott együtt.

1. táblázat: Q-módszertan kártyáin szereplő állítások, amelyeket az értékelőknek rangsorolni kellett 7 fokozatú skálán

Ssz.	Rangsorolja az alábbi tényezők hozzájárulását egy eredményes terepgyakorlatához!?
1.	Alapos gyakorlat-előkészítés, Exercise Planning Group.
2.	Kidolgozott gyakorlatlatterv.
3.	Realisztikus forgatókönyv.
4.	Gyakorlat irányítás, EXCON.
5.	Európai Polgári Védelmi Csapat felkészültsége
6.	Szerepjátékosok.
7.	Szakmailag felkészült mentőcsapatok, modulok.
8.	Jól megválasztott gyakorlathelyszín.
9.	Résztvevők közötti kommunikáció.
10.	Gyakorlat irányítók hatékony koordinációja
11.	Európai Polgári Védelmi Csapat hatékony koordinációja
12.	Gyakorlat költségvetése.
13.	Jól megválasztott projektterv.
14.	Megfelelő projektcsapat, Core Group és Projekt Management.
15.	Megfelelően felszerelt mentőcsapat, modul. Csapatok kapacitása.
16.	Csapatok interoperabilitása.
17.	Parancsnoki irányítás a kárterületen, CPX.

18.	Nemzetközi katasztrófa-segélynyújtás folyamatának gyakorlása.
19.	Éleetszerű helyzetbeállítás, aljátársások a gyakorlat alatt.
20.	Valós Helyi Veszélyhelyzet-kezelési Hatóság bevonása, LEMA.
21.	Nehéz mentési feladatok
22.	Többnapos gyakorlat
23.	Különböző képességű csapatok együttgyakorlása
24.	Forgatókönyv szerint, szigorúan követett gyakorlat
25.	Nagy létszámú gyakorlat irányítás
26.	Sok gyakorlat szimulációs kellék
27.	Rádiókommunikáció hálózat megléte
28.	Koordinált műveletirányítás
29.	Részletes műveleti térkép
30.	Csapatvezetői értekezletek
31.	Állandó csapatösszekötői jelenlét
32.	Éjszakai műveletek
33.	Váratlan helyzetek teremtése a mentőcsapatoknak
34.	Valós helyzetbeállítás a mentési műveletek kidolgozásánál
35.	Hierarchikus gyakorlatirányítás
36.	Kárterületi irányítás kövesse a nemzeti irányítási eljárási rendet
37.	Mentőcsapatok önellátása
38.	Csapatok közötti együttműködés megteremtése
39.	Gyakorlat értékelése
40.	Tapasztalatok, tanulságok feldolgozása

Az értékelés során 9 fő értékelőből 4 fő volt vezető és 5 fő beosztott. A 9 értékelő összesen 109 év szakmai tapasztalattal rendelkezett. A 9 értékelőből 2 hölgy volt, egy-egy a víztisztítási és a katasztrófavédelmi szakterületről. A feldolgozhatóság érdekében ötször annyi állítást kellett rangsorolni, mint ahány értékelő személy van, azaz 9 értékelőhöz 40 értékelői kártya (1. táblázat) kellett, hogy a direkt választást (Q-set) végre lehessen értékelhető módon hajtani. Gyakorló szakemberek révén állítások nem hosszú bővített mondatokat tartalmaztak, hanem rövid, un. kevés zajt tartalmazó mondatokból álltak.

A gyakorlat során kialakított 40 állítást a résztvevő személyek egy -3-tól +3-ig terjedő skálán értékelték, aszerint, mennyire értenek egyet az adott állítással (egymáshoz viszonyítva az állításokat), a kötött kiosztás módszerének megfelelően.

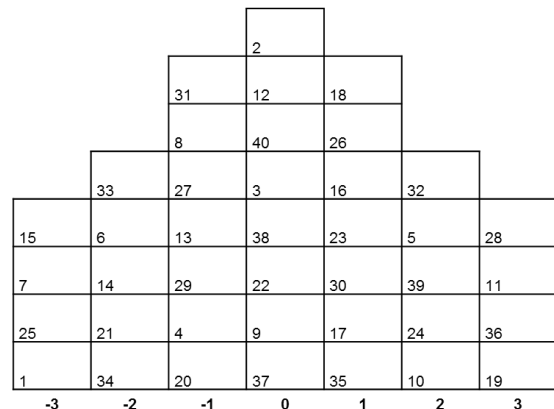


4. ábra: Q-módszertan alkalmazása az EUWA katasztrófavédelmi gyakorlaton. Fotó: BM OKF

Az értékelés során a víztisztítási és a katasztrófavédelmi értékelők – a szakmai célok tekintetében - nem voltak azonos véleményen, ezért az értékelési eredményeket külön-külön kellett vizsgálni.

6 EREDMÉNYEK ÉRTÉKELÉSE

A víztisztítási, vízellátási szakértők az alábbiakat tartják fontosnak: sok gyakorlás, bürokrácia mentes gyakorlatvezetés, de való forgatókönyv az alapja sikeres gyakorlatnak. Kiemelkedett az a vélemény, hogy a tapasztalatokat mindig meg kell beszélni.



5. ábra: A katasztrófavédelmi gyakorlaton felvett subjektív véleményalkotás Q-módszertan „kényszer-választás” módszerével: 40 állítás, 7 fokozatú skála. Saját szerkesztés

A nemzetközi polgári védelmi szakértői kör a jó koordinációt és a jó kezdést, a kidolgozott forgatókönyvet helyezik előtérbe az értékelésben.

A 40 állítás (5. ábra) a 9 szakértőnek kétszer kellett a gyakorlatot során kényszerválasztásos rangsorolással értékelni (Q-sorting): egyszer a gyakorlat megkezdése előtt, majd másodszor a gyakorlat befejezését követően. Az eredmények az SPSS statisztikai elemző szoftverrel lett feldolgozva, megvizsgálva a víztisztítási és katasztrófavédelmi szakértők közötti eltérést vagy vélemény egyezőséget, valamint a vélemények alakulását az ötnapos gyakorlat elején és végén. Az értékelés célja volt, hogy az Európai Unió számára adjunk stratégiai szintű javaslatokat az eredményes katasztrófavédelmi gyakorlat megrendezéséhez.

Távlati cél volt, hogy megállapítsuk, van-e az értékelők között valamilyen egyezés, lehet-e az állítások értékeléseiből közös véleményeket formálni. Ugyan nem ez teszi újdonsággá a Q-módszertant hiszen például klaszter-analízissel a homogén vélemények szerint ez eddig is megoldható lett volna. A szokatlan, hogy nem az állításokat, hanem az értékelést végző magyar és külföldi szakértőket kezeltük változókként, az ő véleményüket lett összesítve. Így ez már előre vetíti a faktoranalízis használatának szükségességét.

A vélemények csoportosítását faktoranalízis segítségével végezzük. Ennek célja, hogy csökkentsük a változók számát és őket kevesebb, de mindegyiket valamilyen szinten jellemző faktorral helyettesítsük. Akkor sikerül jól a faktoranalízis, ha minden korábbi változó valamelyik faktort szignifikánsan jellemez.

2. táblázat: Értékelők szubjektív véleményalkotás egyezőségének megoszlása faktorsúlyok szerint. (SPSS szoftver).

Evaluators	1.factor	2.factor	3.factor
WaterWork_Team_Leader_Male_HU_5years	,818	,225	-,132
WaterWork_Deputy_Team_Leader_Male_HU_9years	,806	-,031	-,044
WaterWork_Expert_Female_HU_3years	,737	,357	,160
FireFighter_Deputy_Head_of_Secretariat_Male_HU_8years	,150	,848	,067
Firefighter_Assistant_Chief_Male_Croatia_22years	,044	,699	,102
Firefighter_Regional_Director_Male_Slovakia_23years	,140	,654	-,140
Firefighter_Head_of_Department_Male_HU_15years	,398	,494	,268
WaterWork_Lead_Engineer_Male_Serbia_14years	,228	,148	,782
Firefighter_Deputy_Head_of_Secretariat_Female_HU_10years	,280	,072	-,739

Jól látható, hogy a víztisztítási és a katasztrófavédelmi szakértők véleményalkotása azonos, így az értékelőket szakértelem szerint külön-külön érdemes vizsgálni, a válaszokat így célszerű elemezni. Az SPSS szoftverrel végzett mátrix faktoranalízisével kapott rotálás (forgatás) utáni faktorsúlyok szerinti eredményt mutatja a 2. táblázat. Ebben a faktoranalízisben három faktort lett vizsgálva.

A faktorelemzésben azt tudjuk megvizsgálni, hogy előállíthatók-e olyan új változók (faktorok), amelyek alkalmasak a véleményezőkhöz által kifejezett rangsorolás helyettesítésére lényegi információ-vesztés nélkül.

A skálák két szélén levő állítások fognak a legnagyobb magyarázóerővel bírni, de bevonhatjuk az interpretációba azokat az állításokat is, amelyeknél korábban kiderült, hogy jól megkülönbözteti egymástól faktorokat. Az egyes témakörök faktoronkénti vizsgálatát két részre lett bontva: külön értékeltem a pozitív és a negatív jelentéstartalommal bíró állításokat. Az SPSS szoftver segítségével sorba rendezve megkapjuk a két szélső (-3 és +3) értékeket.

3. táblázat: Víztisztítási szakemberek véleménye gyakorlat előtt és után a leginkább nem egyetértés (-3) és leginkább egyetértés (+3) alapján.
 K=kérdés sorszáma

-3 (Leginkább NEM ért egyet)			
K	Gyakorlat ELŐTT	K	Gyakorlat UTÁN
19	Valós forgatókönyv és szerepjátékos	39	Gyakorlat értékelése
39	Gyakorlat értékelése	11	EUCPT koordinációja
16	Interoperabilitás	40	Tapasztalatok megbeszélése
40	Tapasztalatok megbeszélése	30	Csapatvezetői megbeszélés
+3 (Leginkább egyetért)			
35	Hierarchikus EXCON	22	Több napos gyakorlat
24	Gyakorlatnak szigorúan a forgatókönyvet kell követnie	32	Éjszakai alkalmazás
25	Sok szakértő legyen az EXCON-ban	1	Kidolgozott forgatókönyv
14	Jó projektcsapat, Projektmenedzsment	25	Sok szakértő legyen EXCON

Megállapítható (2. táblázat), hogy a víztisztítási szakembereknél a jó gyakorlat nem bürokratizált, de realiztikus tapasztalatokra fókuszáló kell, hogy legyen. Az értékelésükben fontos szerepet kapnak a nemzetközi résztvevők, így a polgári védelmi koordinátorok (EUCPT) munkái és a gyakorlatvezetés (EXCON) szerepe.

A szakemberek inkább az elméleti felkészülést tartják fontosnak, lényeges szerepet adnak a projektvezetésnek és a kötelező adminisztrációs elemeknek, így mint a forgatókönyv. Az éjszakai alkalmazás előnybe részesítését nem befolyásolja a biztonság kérdése.

4. táblázat: Katasztrófavédelmi szakemberek véleménye gyakorlat előtt és után a leginkább nem egyetértés (-3) és leginkább egyetértés (+3) alapján.

-3 (Leginkább NEM ért egyet)			
K	Gyakorlat ELŐTT	K	Gyakorlat UTÁN
30	Csapatvezetői megbeszélés	25	Sok szakértő az EXCON-ban
38	Csapatok közötti együttműködés megkönnyítése	24	Gyakorlat szigorúan kövesse a forgatókönyvet
40	Tapasztalatok megvitatása	35	Hierarchikus EXCON
32	Éjszakai gyakorlat	26	Sok szimulációs kellék
+3 (Leginkább egyetért)			
14	Jó Projektcsapat	3	Éles forgatókönyv
12	Költségvetés	31	Folyamatos összekötői jelenlét
3	Valós forgatókönyv	16	Interoperabilitás
11	EUCPT koordinációja	19	Valós forgatókönyv, szerepjátékos

A gyakorlat értékelése során a katasztrófavédelmi szakemberek véleményalkotásánál (3. táblázat) a jó gyakorlat esetén fontos a hatékony koordináció, a jól finanszírozottság a túlzottan részletes tervezés nélkül, amely a jövőre fókuszál, de az indító esemény rendben legyen elkészítve úgy, hogy csak az esemény lefolyására kelljen figyelni.

Mindkét értékelői csoportnál az európai uniós polgári védelmi szakértők (EUCPT) és a gyakorlat irányítás (EXCON) nagy hangsúllyal van jelen, hiszen a koordináció kulcskérdés egy sikeres és eredményes gyakorlat végrehajtásához.

A szakértők gyakorlatiasabb és az operatív, ténylegesen terepen történő végrehajtást részesítik előnybe. Véleményük szerint, a gyakorlat akkor jó, ha valós, életszerűn szimulált kihívásokat kapnak a beavatkozó mentőerők.

Döntéshozók számára fontos lehet a vezetők véleménye, ezért a kutatás lehetővé tette ennek vizsgálatát is. Az értékelők között mind az öt országból érkeztek vezetők, így ennek a kérdésnek a vizsgálata fontos lehet. Az értékelést végző vezetők átlagban, 15-20 éves szakmai és vezetői gyakorlattal rendelkeztek.

5. táblázat: Vezetői értékelés. A víztisztítási és katasztrófavédelmi vezetők értékelésének eredményei

-3 (Leginkább NEM ért egyet)			
K	Gyakorlat ELŐTT	K	Gyakorlat UTÁN
2	Jól kidolgozott gyakorlatterv	32	Éjszakai gyakorlás
22	Több napos gyakorlat	35	Hierarchikus EXCON
1	Gyakorlat tervezői csoport	21	Nehéz gyakorlati alájátszások
13	Jól megválasztott projektterv	33	Váratlan bejátszások
+3 (Leginkább egyetért)			
23	Együttműködés	12	Költségvetés
34	Valós forgatókönyv	5	Felkészült EUCPT
15	Jól felszerelt csapatok	13	Jól megválasztott projektterv
27	Rádiókommunikáció	27	Rádiókommunikáció

Figyelemre méltó az értékelők közül, a vezetők javaslatait megvizsgálni (4. táblázat). Itt olyan gyakorlatiasabb kritériumok is megjelennek, mint a gyakorlat megrendezésének költségvetése és életszerű szimulációs forgatókönyv vagy a felkészült résztvevők fontossága.

A vezetők meglátása szerint a jó irányítás alapja a megfelelő rádiókommunikációs hírháló megléte. A sikeres koordinációhoz szükséges egy hatékony központi irányítói szerv megléte (EUCPT) és a mentőcsapatok közötti együttműködési hajlam, bajtársiasság.

A kapott eredményeket érdemes tovább elemezni, hiszen az így kapott vélemények kulcsai sikeres katasztrófavédelmi gyakorlatoknak.

Elméleti síkon érdemes megvizsgálni a nem súlyozott (0 skálaszámú) állításokat, amelyek semlegesként jelentek meg, ilyen például a művelési térkép alapján történő gyakorlás; mentőcsapatok önállóak legyenek és váratlan helyzetek kialakítása a gyakorlaton. A semleges kategóriába került állítások azok, amelyek az értékelők szerint nem járulnak hozzá pozitívan vagy negatívan a gyakorlathoz, nem relevánsak a véleményalkotáshoz. Szükséges ezen állításokat a jövőben pontosítani vagy megfontolandó lehet a jövőben elhagyni, más állításra cserélni. Ilyen új állítás lehet: gyakorlat helyszíne, ideje; biztonsági rendszabályok következetes alkalmazása; azonos profilú gyakorló állomány bevonása a gyakorlatba (csak vízi mentő vagy csak víztisztító egységek együtt gyakorlása).

7 KÖVETKEZTETÉSEK, ÖSSZEGLÉSEK

A Q-módszertan alkalmas a szubjektív módon megfogalmazott állítások értékelésére, a közös véleménnyel rendelkezők szakértők csoportosítására. Alkalmazás sikeressége szempontjából nagy jelentőséggel bír az állítások megfogalmazása, hiszen le kell fedniük a vizsgált téma összes fontos területét, nem szabad félreérthetőnek lenniük.

Úgy vélem, hogy a Q-módszertan értékes kiegészítője a kutatók eszköztárainak. Alkalmas és hatékony módszer a szubjektív állítások feltárására és elmagyarázására, új ötletek és hipotézisek létrehozására, valamint a nézetek, vélemények és preferenciák konszenzusának és kontrasztjának meghatározására. A Q-módszertan egyesíti

a kvalitatív és a kvantitatív aspektusokat. A 30-as évek óta tartó története ellenére, a Q-módszertan még mindig sokféle tudományágban innovatív eszköz lehet [7].

Az Amerikai Egyesült Államokban évek óta sikeresen alkalmazzák a legkülönbözőbb pszichológiai és szociológiai attitűddel kapcsolatos kutatásokban, de készült már kutatás a piaccgazdasággal kapcsolatos véleményekről, de a marketingkutatásban és a termékfejlesztésben történő alkalmazása gyakori [7]. A Q-módszertan gyors és mélyebb kutatási lehetőséget ad az összefüggések értékelésére, biztosítva a kutatók, illetve az értékelők szubjektív véleményalkotásának függetlenségét [7].

Q-módszertan felhasználása katasztrófavédelmi gyakorlatok értékeléséhez első alkalommal történt meg és fontos állomása volt a katasztrófavédelmi gyakorlatok hatásmechanizmusainak a megismeréséhez. Tapasztalt nemzetközi szakértők bevonása a kapott értékelési eredmény súlyát emelte. Az kapott eredmények alapján a jövőben, előre meghatározhatjuk a sikeres gyakorlat mérőföldköveit, amelyet a továbbiakban beépíthetjük a jelentősebb gyakorlat értékelési szempontjai közé.

Arra a kérdésre, hogy „Mely tényezők járulnak hozzá egy sikeres katasztrófavédelmi gyakorlathoz?” – a Q-módszertan maradéktalanul választ adott, a gyakorlat egyes mozzanatainak és különböző résztvevőinek értékelésére viszont nem adott megoldást, hiszen vizsgálni kívánt témakörökre, külön kérdést és külön Q-módszertani vizsgálatot kellene végezni. A vizsgálni kívánt egyes témakörökre külön-külön állítás csoportokat kellene összeállítani. A „kényszerválasztás” módszere ugyan gyors, de az állítások összeállítás, az előkészítés szakasza hosszú előkészítést kíván sok időt vesz igénybe. Belátható, hogy a Q-módszertan gyakorlatiasabb módon inkább a marketing- vagy piackutatásban alkalmazható sikeresebben.

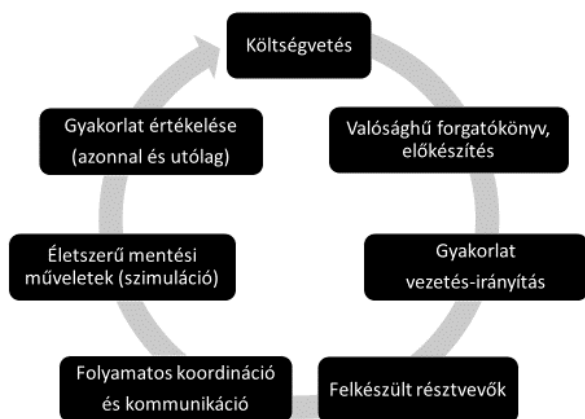
A Q-módszertan katasztrófavédelmi gyakorlatok értékelésére történő felhasználása nemzetközi publikációk alapján nem ismertek. Magyarországon első alkalommal került sor katasztrófavédelmi gyakorlaton történő bevezetésére. Alkalmazása egy 405 fős nemzetközi katasztrófavédelmi terepgyakorlaton történelmi lépésnek tekinthető (5. ábra). Kisebb gyakorlatokon történő alkalmazása még további felkészülést és eljárási rend szintű rendszeresítést kívánja meg. Nehezíti a kapott eredmények értékelését, hogy értelmezésükhöz, illetve absztrahálásukhoz több éves szakmai gyakorlat szükséges. Az értékeléshez használt kártyák, illetve állítások megfogalmazásában jártasság szükséges. Nemzetközi viszonylatban fontos az érthetőség, illetve az állítások megfogalmazása, valamint az összeállítás terén a konszenzus.



6. ábra: EUWA nemzetközi gyakorlat résztvevői, 405 fő, 5 ország Szabolcsveresmart, 2017 április, Fotó: BM OKF

A gyakorlat értékelésénél fontos az azonos felkészültségű értékelők kiválasztása, akik azonosulni tudnak az értékelés céljaival, megértették annak módszerét. Szakmai tapasztalattal rendelkeznek és van rálátásuk, illetve részesei voltak hasonló esemény szervezésében. Feltételezzük azt, hogy nemzetközi értékelői szakértői csoport esetében nyelvi korlátok nem adódhatnak, a szakzsargon, illetve a szakmai terminológiák értelmezése nem okoz gondot, szakmai felkészültség azonos alapokon áll. Az értékelés kihívását jelentette azt, hogy az értékelők nem anyanyelvi szinten beszéltek angolul, így fontos volt, hogy az állítások megfogalmazásánál az középszintű angol nyelvtudáshoz illeszkedő mondatszerkezeteket alkossunk. Fontos, hogy a gyakorlat megkezdése előtt, a gyakorlat un. 0. napján, a szakértőket készítsük fel, a Q-módszertan témáját érzékenyítsük a bevonni kívánt résztvevőkkel.

A kutatói kérdésre, hogy *Mely tényezők járulnak hozzá egy sikeres katasztrófavédelmi gyakorlathoz?*, a kapott eredmények elemzése és értékelése szükséges. A Q-módszertan segítségével megkérdezett nemzetközi értékelők szerint 7 tényező szükséges az eredményes és sikeres gyakorlat szervezéséhez (7. ábra). Menedzsment szintű javaslatnak ez a megközelítés már sokkal helytállóbb, valójában stabil pénzügyi háttér nélkül nem lehet életszerű, terepen előkészített gyakorlatot végrehajtani.



7. ábra: *Mely tényezők járulnak hozzá egy sikeres katasztrófavédelmi gyakorlathoz?* Saját szerkesztés

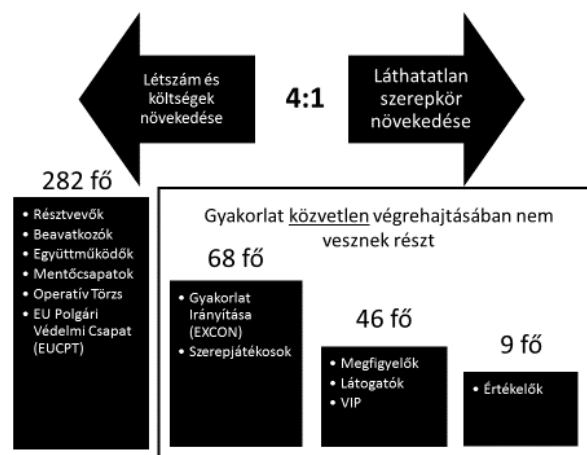
A gyakorlat előkészítése közé tartozik a gyakorlat helyszínének megválasztása, ahol a katasztrófavédelmi gyakorlás célja maradéktalanul megvalósulhat. Vízek kártétele elleni védekezést árvízzel veszélyeztetett területnél érdemes megrendezni, hogy a résztvevők megértsék a felkészítési didaktikai célját. A felkészült gyakorlat vezetés (Exercise Control, EXCON) az egész gyakorlat kulcsa, hasonlóan a felkészült, felszerelt mentőcsapatok, résztvevők, együttműködők megléte. Az EXCON által végzett „láthatatlan” gyakorlat irányítás, koordináció és rádiókommunikáció segítségével tud megvalósulni. A kommunikáció a csapatvezetői értekezletek, eligazítások és különböző formában (e-mail, EDR rádióforgalmazás) a résztvevők részére eljuttatott un. közlések útján lesz eredményes.

A gyakorlatok útján történő felkészülés az éles, valós természeti- és civilizációs katasztrófákra való felkészülést segíti. Egy katasztrófavédelmi gyakorlat keretében „kicsiben” egy nagy katasztrófa-helyzet végrehajtását tudjuk modellezni. Gyakorlatok értékelésénél az éles

helyzetekre való hiányos vagy sikeres felkészültségre mutathatunk rá.

A gyakorlatok fő eleme a valós végrehajtási mozzanatok, amelyek térben és időben eltérőek lehetnek, az életszerűség szimulálása miatt a legköltségesebb része a gyakorlatnak. A helyzetek életszerű előkészítése és a gyakorlat idején történő folyamatos biztosítása nagy humán erőforrást igényel. Az EXCON állományának nagy részét az ezt támogató személyek teszik ki.

Tapasztalat és katasztrófavédelmi belső norma szerint, a gyakorlatok kiértékelését a gyakorlat befejezését követően kell megtenni és „megfeleltre” vagy „nem megfelelőre” minősíteni. Nem megfelelő gyakorlatot egy hónapon belül meg kell ismételni. Az un. hot-wash-up fontos azonnali visszacsatolást ad a résztvevők számára, amikor a gyakorlat vezetője az előtte oktatási alakzatban felsorakozott állományt majd külön a vezetőket értékeli. A gyakorlat értékelésével a gyakorlat befejeződik, lezáródik. A Q-módszertannal a katasztrófavédelmi gyakorlatok utólagos értékelését (Post Exercise Evaluation) tudjuk eredményesen végrehajtani.



8. ábra: A gyakorlat létszámának és költségvetésének alakulása a gyakorlaton közvetlenül, ill. közvetve résztvevők függvényében. Példa: 5 napos, 405 fős EUWA gyakorlat. Saját szerkesztés

A gyakorlat értékelhetőség szempontjából négy különböző részre kell osztani. A részek a gyakorlat tartópillérjei: (1) értékelés, (2) megfigyelés, (3) EXCON és a legfontosabb a (4) beavatkozók (8. ábra). A gyakorlat közvetlen végrehajtásában (1-3) az EXCON, értékelői és megfigyelői állomány nem vesz részt. Megfigyelhető, hogy a beavatkozási pillér létszáma 4:1 arányban viszonyul a másik három pillért alkotó létszámhoz. Ugyan ez az arány figyelhető meg a költségek alakulásában.

Fontos kiemelni, mint eredményt, hogy az EUWA gyakorlatot nem a gyakorlatvezető értékelt, hanem a 9 fős nemzetközi értékelői csoport.



9. ábra: A sikeres gyakorlat kulcsa. A végrehajtói-irányítói-értékelői állomány elkülönítése, 3-as tagozódása. Saját szerkesztés

A gyakorlat objektív értékelését biztosítja, hogy a gyakorlat vezetést és a gyakorló állományt az értékelést végzők független csoportja vizsgálja (9. ábra). A gyakorlatvezető nem saját magát értékeli. Az értékelés alapja, az értékelési szempontok, értékelendő téma vagy témakörök előzetes meghatározása. Ilyen módszer lehet a Q-módszertannal és felkészített - a gyakorlat végrehajtásától függetlenített - értékelői állománnyal végzett gyakorlat értékelés.

A Q-módszertan alkalmazásával a gyakorlat értékelését ugyan a gyakorlattal egy időben végezzük, de az eredmények kiértékelését, elemzését, az szűk időtényezők miatt, a gyakorlattal nem egy időben tudjuk végrehajtani. Az eredmények feldolgozásának adminisztrációs feladata néhány szakértőre korlátozódik. A táblázatokba beírt adatok feldolgozása SPSS szoftverbe időt vesz igénybe. A kényszerválasztás eredményének feldolgozására, értelmezésére közel egy munkanap szükséges. Az öt napos gyakorlat után a nemzetközi résztvevők helyszínen tartása további pénzügyi kiadás jelentene és nem hozza az elvárt eredményt. A faktoranalízis utáni értékelést, elemzést egy senior szakértőnek kell végrehajtania, amely további egy munkanapot jelent.

Összességében, a katasztrófavédelmi gyakorlaton történő alkalmazása eredményessé tette annak értékelését, hiszen eredményével előre mutató szakmai javaslatok születtek. Az értékelők véleménye nagyon egyezett: sikeresnek ítélték meg a nemzetközi gyakorlat minden elemét, a megállapított összegzett megállapítások tanulságokkal szolgál. Az értékeléssel kapott eredmény használhatóbb, mint egy „megfelelt” vagy „nem megfelelt” értékelése egy gyakorlatnak. Az értékeléssel eredménye, egy általános szakértői véleményalkotás szakmai indoklással.

Jelen tanulmány lehetőséget biztosított a téma feltárására, a későbbiekben azonban szükség lenne más gyakorlatértékelésre használható módszerek feldolgozására és összehasonlítására. A szerző doktori kutatásában szerepel a SOL elemzés (*Safety through Organizational Learning, SOL*), biztonság növelése szervezeti tanulással és az értékelők véleményegyezőségének vizsgálata, Többdimenziós Skálázás (*Multidimensional Scaling Method*) módszer összehasonlító feldolgozása.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A szerző köszönettel tartozik Prof. Dr. Izsó Lajos egyetemi tanárnak, aki lehetővé tette a BME Pszichológia Doktori Iskolában a Q-módszertan megismerését, akinek a javaslatára első alkalommal került sor a módszer katasztrófavédelmi gyakorlat értékelésénél történő alkalmazására.

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Horváth Á.: A szubjektivitás számszerűsítésének lehetősége a Q-módszertan segítségével, 1 p p. www.eco.u-szeged.hu/download.php?docID=40104 (2017. október 13.)
- [2] Ásványi K., Marjainé Szerényi Zs., Zsóka Á.: A fenntartható gazdálkodás a lakosság értékrendjében, *Lépések* 20. évfolyam 2. szám (62), 2015, 4-5 pp
- [3] Brown, S. R. [1996]: Q Methodology and Qualitative Research. In: *Qualitative Health Research*, 6. 4., 561–567 pp
- [4] Baker, R., Thompson, C., Mannion R. [2006]: Q Methodology in Health Economics. *Journal of Health Services Research and Policy*. Vol. 11. No. 1. 38–45. pp
- [5] Gulács L.: Gyakorló orvosok egészségnyereség társadalmi elosztásával kapcsolatos attitűdje — a Q-vizsgálat, *Statistikai Szemle*, 89. évfolyam 9. szám, 982 pp.
- [6] Izsó L., Horváth Á. G.: Szubjektív vélekedés-rendszerek objektív vizsgálatának lehetőségei a Q-módszertan segítségével, *Alkalmazott Pszichológia* VIII. évfolyam 4. szám (2006) 109-138.
- [7] Izsó L.: A Q-módszertan és alkalmazásai, egyetemi előadás - 2017, BME APPI Ergonómia és Pszichológia Tanszék,
- [8] 85/2014 BM OKF Intézkedés, Kiképzési Szabályzat, a hivatásos katasztrófavédelmi szervek kiképzési,- továbbképzési tevékenységének szabályozására
- [9] Jackovics P, Keresztesy Á., New Civil Protection Elements In The “European Urban Water Aid” project VÉDELEM TUDOMÁNY: KATASZTRÓFAVÉDELMI ONLINE TUDOMÁNYOS FOLYÓIRAT 2:(1) pp. 163-171. (2017)
- [10] LAYMAN’S REPORT - IMPROVING, CIVIL PROTECTION RESPONSE, www.euwa2016.org (2017. december 14.)
- [11] Van Exel NJA, G de Graaf. Q methodology: A sneak preview. 2005 [available from www.jobvanexel.nl]
- [12] Kelly SE, Moher D, Clifford TJ. (2016) Expediting evidence synthesis for healthcare decision-making: exploring attitudes and perceptions towards rapid reviews using Q methodology. *PeerJ* 4:e2522 <https://doi.org/10.7717/peerj.2522>

Security in Home Automation

Esmeralda Kaděna

Óbuda University, Doctoral School on Safety and Security Sciences, Budapest, Hungary

kadena.esmeralda@phd.uni-obuda.hu

Abstract - Nowadays we live in the era where technology is smarter than ever. The newest devices and applications simplify tasks, make better use of resources and transform the way we live. As a consequence the world around us is rapidly changing. Smart home is a reality due to innovation in wireless connectivity and the protocols that allow devices to talk to each other. But with “The peace of mind” comes a critical point which is about security. Z-Wave protocol is the most widely used and the main reason is because of its security level. But is really this protocol secure enough? In this work are demonstrated the main security risks for a Home Automation system and how secure are the consumers while using these smart technologies.

Keywords: Home automation, security, Z-wave protocol .

1 INTRODUCTION

The Internet of Things, also called IoT is a system comprised of anything such as computing devices, machines, objects, humans, animals, etc., that have the ability to communicate with each other and transfer data over the network without human interaction. [1]. So it is what we get when we connect Things, which are not operated by humans, to the Internet [2].

Nowadays the technology is getting smarter and everything is expected to get smarter as well. Taking in consideration buildings, they are becoming more and more technology sophisticated, with smart features ranging from energy-management, self-sustainability, security control, entertainment and assisting disabled to the luxury of home automation. And when it comes to home residences, then the main idea of architecture and building structure becomes more about functional comfort of use, calmness and adaptivity, which are all suggesting ubiquitous human-building interaction [3].

The term “smart home” means improving the experience of home residents by using different sensors and actuators to observe the home and automatically control devices they want to [4]. The term “home automation” can be defined as the capability to automate and control multiple different systems [5]. A centralized control and monitoring function is provided for heating, ventilation and air conditioning (HVAC), lighting, physical security systems as well as home appliances and so on. The central control panel and various household devices are connected to each other to form a mesh network over wireless or wired communication links and act as a “smart home”. Basically, there are three views that smart homes are perceived: functional, instrumental and sociotechnical [6]. The functional view intends to manage and automate in a better way the daily demands in a household. The instrumental view comprises efficient

functions such as energy-management and security control. The socio-technical view seeks for digitalization of daily life and it is thought that opens the door for next generation of human - building interaction [3].

Smart adaptive homes began in early 1970s and first generation of home automation was X10 network technology that used existing power lines in the buildings as the communication medium, but as well as limited bandwidth, they were susceptible to signal loss and electrical interference [7]. Wireless home automation systems are better than power line systems and provide easier expansion and interconnectivity of different devices. Recent advancements has led to progress in building smart homes and their automation and making the consumers daily life easier and more convenient. It is estimated from Business Insider that by 2020 over 70% of all devices connected to the Internet will belong to the IoT [8] and according to Research and Markets, global home automation market it is estimated to reach \$ 72.78 billion by 2020 [9].

So it is clearly that IoT and home automation is only expanding but on the other hand is always standing the most critical point, security. So as these devices get smarter, who is responsible for ensuring their security and protecting the customers? How secure are they? In this work are introduced some possible threats on home automation systems; technical and theoretical background about the security of the most widely used protocols with special emphasis on Z-wave.

2 SECURITY THREATS

In this part, the security threats related with home automation are presented. The main focus will be on the security risks of one of the most common used protocol in home automation systems, Z-Wave. This will offers insights to what people can do to take back control of such devices in order to protect themselves, homes and families. As home automation tends to directly connect our real life with the virtual world it has not a trivial impact on individual’s everyday life and therefore has some associated threats. Security in this field is responsible to protect:

- Life and health
- Property
- Information
- Control of:
 - access to the home;
 - the connected devices.

To protect the above mentioned assets the local area and the web area must be considered [1]. Even such security services as key establishment, encryption, frame integrity protection and device authentication were included in the

specifications of open wireless protocols such as ZigBee although these security services are built on top of the recognized cryptographic algorithms such as Advanced Encryption Algorithm (AES), against them have occurred successful attacks that have been demonstrated that exploit the implementation vulnerabilities or insecure key management practices [2], [3].

Attacks and vulnerabilities are being more and more in the headlines of news and those related with smart home are not less important. The trend of hacking smart environments is likely to grow because of the recent adoption of the new technologies in smart homes. During the last years some successful attacks were executed and in the following list, we can see a review of them:

In July 2013, Kashmir Hill a report was published in Forbes Magazine, “When ‘Smart Homes’ Get Hacked: I Hunted a Complete Stranger’s House via the Internet”. Kashmir Hill declared in this report how she was able to hack into Thomas Hatley’s home remotely by turning on and off the lights in the master bedroom of Hatley’s Oregon home. That was possible because the smart home lack password protection by default [4] [5].

According to Sarah Griffiths report in August 2013, “Computer hackers can now hijack toilets: ‘Smart Toilet’ users in Japan could become victim to Bluetooth bidet attacks and stealthy seat closing”. This famous “Smart Toilets” in Japan called Satis is known to let people raise and lower the toilet set as well as triggers a bidet function and flush by using a mobile app. It was hacked or attacked remotely because of the Bluetooth security vulnerability found in the implementation of this toilet [6].

In August 2013, Heather Kelly, a reporter for CNN, published a report titled “Smart Homes’ are vulnerable, say hackers”. Karotz, a cute bunny toy could be controlled from an app in smartphone and is outfitted with a video camera, microphone, RFID (Radio Frequency Identification) chip, and speakers. She reported how a Software engineer Jennifer Savage was able to take control of it from a computer and remotely watch live video, turning it into a malicious surveillance camera for attackers. Furthermore it was reported how Daniel Crowley demonstrated live at a Black Hat session, how it is possible for a third party to hack into a front-door lock and open it from a computer. Finally, the report was also about how Fouladi and Ghanoun demonstrated a hack that opened a smart lock that used the ZWave protocol [7].

Some other reports were published in August 2013 on ABC news. One of them was about the issue of the growing concerns that computerized homes make it easier for thieves to get personal information [17]. Another one raised the issue of the growing concerns of security experts about homes wired so everything can be controlled remotely. [18]

It was reported in December 2015 how a security researcher at Fortinet accomplished a hack into a video stream without any coding skills [20]. The researcher simply visited a webpage Shodan.io, which is a website where varieties of internet connected devices were found, and was able to hack into the video stream just by entering the word “admin” for the camera’s username and password. The author also emphasized on the need to urgently address the security of these devices, because billions of sensors will soon be designed into various

appliances, security systems, health and other equipment in the future [8].

In May, 2016, Nicole Casal published “Hacking into homes: ‘Smart home’ security flaws found in popular system”. In this article was shown how the researchers at the University of Michigan were able to hack into smart home and get the PIN code to a home’s front door [9]. They could perform four successful proof-of-concept attacks and demonstrated how a SmartApp can eavesdrop on someone setting up a new PIN code for a door lock, and subsequently send by text message the PIN to a possible hacker. Through the second attack they showed how could be remotely exploited an existing Smart app to virtually make a spare door key by programming an additional PIN codes into the electronic locks. Furthermore they presented how “Vacation mode” could turn off through the Smart app while you are away and how fire alarm could not be activated by injecting false message via Smart app. [9].

3 SECURITY PROTOCOLS

Smart home can be built on a wide variety of protocols. Each of them has its own language which speaks to different connected devices and gives them instructions to perform a function. All protocols have an API¹ and most of them are not open. There are several technologies competing to become the standard of choice. Here can be mentioned many of them such as: X10-Wireless technology, Bluetooth Mesh, KNX, Thread, Zig Bee, Z-Wave, etc. But the most widely used are ZigBee and Z-Wave protocols. According to the Z-Wave Alliance, over 80% of home security devices use Z-Wave [19].

There are some reasons about the range of its use, for instance, Wi-Fi consumes a lot of power, and Bluetooth is limited in signal range and number of devices. Comparing with Thread and Zig Bee, Z-Wave has the longest operating rate, at 300 feet (outdoor) and 80+ feet (indoor). ZigBee has the largest number of maximum device capability [20]. Considering data transmission, Thread has the fastest rate at 250 kbps. The interoperability of Z-Wave is better than ZigBee, but ZigBee has a faster data transmission rate. Thread operate on the busy Wi-Fi standard frequency of 2.4 GHz, while Z-Wave operates at 908 MHz in the USA and this has contributed in noise reduction and a greater coverage area. ZigBee operates on both 915 MHz and 2.4 GHz frequencies. All three are mesh networks². You can see the following table for more details on their comparison [21].

¹ Application programming interface (API): a set of subroutine definitions, protocols, and tools for building application software. It is a code that allows two software programs to communicate with each other [33].

² Mesh Network: a local network topology where the nodes such as bridges, switches and other infrastructure devices are connected directly, dynamically and non-hierarchically to as many other nodes as possible and cooperate with one another in order to provide efficiently route data from/to clients [34].

	Z-Wave	Zig Bee	Thread	Bluetooth Mesh
Operating range	100 feet	35 feet	100 feet (theoretical)	330 feet
Max no. devices	232	65,000	250-300	32,000
Data rate	9.6-100 kbps	40-250 kbps	250 kbps	1 Mbps
Frequency	908/916 MHz (U.S.)	915 MHz/2.4 GHz	2.4 GHz	2.4 GHz
Network type	Mesh	Mesh	Mesh	Mesh
Needs hub?	Yes	Yes	Yes	Yes

Table 1: Comparison of Security Protocols

	Z-Wave	Zig Bee	Thread	Bluetooth Mesh
Operating range	100 feet	35 feet	100 feet (theoretical)	330 feet
Max no. devices	232	65,000	250-300	32,000
Data rate	9.6-100 kbps	40-250 kbps	250 kbps	1 Mbps
Frequency	908/916 MHz (U.S.)	915 MHz/2.4 GHz	2.4 GHz	2.4 GHz
Network type	Mesh	Mesh	Mesh	Mesh
Needs hub?	Yes	Yes	Yes	Yes

3.1 Z-Wave - technical background – security

The construction of Z-Wave as every protocol consists on a series of layers, each with different functionality, that together compose the protocol stack. In the figure below is shown the Z-wave protocol stack [10]:

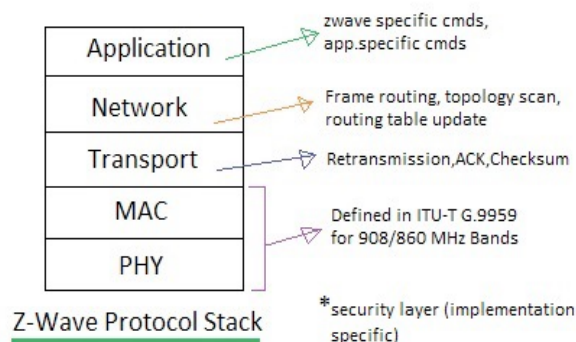


Figure 1: Z-Wave protocol stack

Physical layer: here the actual data is transmitted. The data is transferred in bit representation, using either Manchester or Non Return Zero encodings [23], [19]. Manchester encoding uses the transitions between transmitted 1s and 0s to indicate logical bit values (a shift from 1 to 0 indicates a logical 1 for example) [9], while the Non Return to Zero method (NRZ) relies on frequency differences of + or – 20 KHz from some baseline to indicate logical bits [24]. For this transmission to occur between a device and the central controller of the home, both must share a network key that allows for communication. When a new device is paired via Z-Wave, a specific syncing protocol is executed in order to share this network key with the device. First, a “preamble” packet is sent between the receiver and transmitter, containing a specific series of bits, the home ID and node ID of the device to pair [19]. It is in this period when the protocol becomes susceptible to attack, as unencrypted identifying information is being transmitted. Though the exact specifications of the Z-Wave transmission are not documented, researchers and attackers have been able to reverse engineer and exploit the system by examining these packets and impersonating the controller from the outside.

MAC layer: it is responsible for HomeID and NodeID, controls the medium between nodes based on collision avoidance algorithm and backoff algorithm.

Transport layer: where error detection and retransmission acknowledgement occurs

Network layer: its focus is on frame routing, topology scan and routing table updates. The network layer contains a 32-bit unique ID for the home controller and 8-bit node ID for each accessory, which is assigned when a new device is paired with the system.

Application layer: contains command and parameters specific to the device and manufacturer. It takes care of control of payloads in the frames received or to be transmitted.

Z-Wave protocol is developed by ZenSys, part of Sigma Designs, Inc. It is a radio based communication protocol managed and improved by the Z-Wave Alliance [25]. The frequency area it uses is between 868.4 MHz and 926.3 MHz with data rates of 9.6 kb/s, 40 kb/s (most common) or 100 kb/s. Since the Z-Wave 400 Series also 2,4 GHz, 200 kb/s and an 128-Bit AES encryption are provided. The specification of the protocol isn't publicly available. It is just provided for vendors after they sign a nondisclosure agreement. Z-Wave offers some different security mechanisms [23] in order to prevent the threats - starting with the 400 series chips. Actually older chips do

not have any security features. Requirement Mechanism Confidentiality AES-128 OFB-Mode Authenticity & Integrity CBC-MAC Freshness 64 Bit Nonce. But there is a problem in the way encryption keys are transferred to new devices. When a new device joins a Z-Wave network, a hardware based pseudo random generator generates a symmetric key. After that, this key is encrypted with a temporal default key consists of 16 bytes with the value 0, which is hardcoded in the Z-Wave chip. If this is known there is the risk that an attacker could sniff the initial device pairing and steal the encrypted key to decrypt it with a default key. Another publicly known problem is an implementation fault of a Z-Wave door lock [23], rather than a general protocol vulnerability. An attacker could pretend to be a Z-Wave controller (central node that coordinates all client nodes) and start the initial key exchange mechanism with the door lock. The door lock automatically accepts this and establishes a connection with the attacker's controller, even if it is already connected to a real controller. Afterwards, the attacker is e.g. able to open the door lock. This is a typical case of missing mutual authentication. It is mandatory to bear in mind that all the mentioned security mechanisms are optional and are just provided by Z-Wave chips starting with series 400. Older generations of the protocol are completely unprotected.

This disconnect is where exist vulnerabilities followed by attacks. In 2016, an attacker was able to exploit IoT devices that were using default passwords to launch a massive distributed denial of service attack [26].

But stronger standards on security of devices were announced by the Z-Wave Alliance, on November 2016. The certification was received on April 2017. It is called Security 2 (S2) and provides more advanced security for devices, gateways and hubs in smart homes [27], [28]. It supports encryption standards for transmissions between nodes, and warrants new pairing procedures for each device, so now each device is paired with unique PIN or QR codes. The intention of this extra layer of security is to prevent hackers to take control on devices with lack or poor security [29], [30]. According to the Z-Wave Alliance, the new security standard is the most advanced security available on the market for smart home devices and controllers, gateways and hubs [31].

3.2 More challenges

Encryption is not always the answer to security. The newest security layer S2 where each device is paired with a unique PIN or QR codes is similar to the approach Apple takes with HomeKit-compatible smart gadgets, each of which comes with a unique pairing code printed on the device.

However, even if Z-Wave were to implement these additional precautions, it would be up to the manufacturers to use them in new products and release patches for existing embedded systems, a nontrivial task that in many cases would require company and user action. The security of the Z-Wave ecosystem as a whole relies not only on the Z-Wave Alliance and the protocol itself, but also on the manufacturer of the device.

Another challenge are the consumers, if they take control of their own security and are or not aware of the technologies of the products they have into homes. Another characteristic of Z-Wave is that old security systems can be automate with Z-Wave. Let's suppose that

“old systems” can work with Z-wave automation solutions as the company really promotes this on official website. First of all it will cost more than just starting over. Another important thing is that the users would be missing out the new security features and functions. Or they must update manually the devices. Is it convenient? Are the consumers aware about that? This could be an important resource for hackers to gain access.

Such self-education requires strong resources that break down complex technology into easy to understand concepts and provide action items for consumers.

4 CONCLUSIONS

In this work was presented an overview on security challenges of smart home systems. As the number of consumers adopting the concept of the smart home is growing every single day and the number of devices is rapidly increasing, more and more challenges are posed. These smart devices live in a constant and never ending cycle where new features are released. On the other hand are followed by attacks and then new features are realised in order to prevent the attacks.

Z-Wave protocol was taken in consider because of widely usage, convenience that offers at consumers and security layers. Some technical background was included in order to understand how the previous attacks were performed and to find the problems which were supposed to be fixed with the newest security layer S2, which provides more advanced security for gateways, devices and hubs in smart homes. Even it supports encryption standards for transmission and warrant new pairing procedures for each device, the attacks can be performed. So encryption is not always the answer. Humans are the weakest link in the internet. We can protect ourselves through education, learning and researching more. We have to be aware of the technologies and products that choose to install in our homes.

In future work deep analyses on technical part and human behaviour can be considered to provide (a) solution(s) for better security in home automation systems.

5 REFERENCES

- [1] D. Schwarz, „The Current State of Security in Smart Homes Systems,” SEC Consult Vulnerability Lab, Vienna, 2016.
- [2] D. Kennedy és S. Dave, „Pentesting Social-Engineering over Power lines,” Defcon, 2011.
- [3] W. J. „KillerBee: Practical ZigBee Exploitation,” 2009.
- [4] ABC News, „'Smart Homes' Convenient But Are They Safe?,” ABC News.go.com, 2013.
- [5] K. Hill , „When 'Smart Homes' Get Hacked: I Haunted A Complete Stranger's House Via The Internet,” Forbes, 2013.
- [6] S. Griffiths, „Computer hackers can now hijack TOILETS: 'Smart toilet' users in Japan could become victim to Bluetooth bidet attacks and stealthy seat closing,” Dailymail, 2013.
- [7] H. Kelly, „'Smart homes' are vulnerable, say hackers,” CNN, 2013.
- [8] L. Hautala, „Internet-connected homes open the door to hackers,” cnet, 2015.
- [9] N. C. Moore, „Hacking into homes: 'Smart home' security flaws found in popular system,” University of Michigan News, 2016.
- [10] RF Wireless World, „z-wave protocol stack | z-wave protocol layer basics,” RF Wireless World, [Online]. Available: <http://www.rfwireless-world.com/Tutorials/z-wave-protocol-stack.html>. [Hozzáférés dátuma: October 2017].

- [11] M. Rouse, „Internet of Things (IoT),” IoT Agenda, Tech Target, 2015. <http://internetofthingsagenda.techtarget.com/definition/mesh-network-topology-mesh-network>. [Hozzáférés dátuma: October 2017].
- [12] P. Waher, Learning Internet of Things, Birmingham: Packt Publishing Ltd., 2015.
- [13] H. S. Alavi, D. Lalanne, J. Nembrini, E. Churchill, D. Kirk és W. Moncur, „Future of Human-Building Interaction,” in *CHI EA '16 Proceedings of the 2016 CHI Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, San-Jose, California, 2016.
- [14] N. Boers, D. Chodos, J. Huang, P. Gburzyski, I. Nikolaidis és E. Stroulia, „The Smart Condo: Visualizing independent living environments in a virtual world,” in *Pervasive Computing Technologies for Healthcare*, 2009.
- [15] B. A. Brush, R. Mahajan, B. Lee, S. Agarwal, S. Saroiu és C. Dixon, „Home automation in the wild: challenges and opportunities,” in *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, Vancouver, BC, 2011.
- [16] C. Wilsom, T. Hargreaves és R. Hauxwell-Baldwin, „Smart homes and their users: a systematic analysis and key challenges,” *Personal and Ubiquitous Computing*, %1. kötet19, %1. szám2, pp. 463-476, 2015.
- [17] D. Rye, „My life at X10,” X10 (USA) Inc., USA.
- [18] J. Greenough, „How the 'Internet of Things' will impact consumers, businesses, and governments in 2016 and beyond,” *Business Insider*, 2016.
- [19] Research and Markets, „Global \$78 Bn Home Automation Market Size, Demand Forecasts, Industry Trends and Updates 2016-2022,” CISION PR Newswire, Dublin, 2017.
- [20] B. Fouladi és S. Ghanoun, „Black Hat 2013 - Honey, I'm Home!! - Hacking Z-Wave Home Automation Systems-You Tube,” *HackersOnBoard*, 19 November 2013. [Online]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=KYaEQhvdc8>. [Hozzáférés dátuma: 30 October 2017].
- [21] B. Lewis, „Z-Wave opens up as smart home connectivity battle closes in,” *Embedded Computing Design*, 2016.
- [22] K. Parrish, „ZigBee, Z-Wave, Thread and WeMo: What's the Difference?,” *Tom's Guide*, 2017.
- [23] B. Fouladi és S. Ghanoun, „Security Evaluation of the Z-Wave Wireless Protocol,” *Black Hat USA*, 2013.
- [24] Electronics Research Group, „Manchester Encoding,” *Electronics Research Group*, March 2007. [Online]. Available: <http://www.erg.abdn.ac.uk/users/gorry/course/phy-pages/man.html>. [Hozzáférés dátuma: October 2017].
- [25] Z-Wave Alliance, „About Z-Wave Technology - Z-Wave Alliance,” [Online]. Available: https://z-wavealliance.org/about_z-wave_technology/. [Hozzáférés dátuma: October 2017].
- [26] M. Campbell, „Mirai-based DDoS attack highlights benefits of Apple's secure HomeKit platform,” *Apple Insider*, 21 October 2016. [Online]. Available: <http://appleinsider.com/articles/16/10/22/mirai-ddos-attack-highlights-benefits-of-apples-secure-homekit-platform>. [Hozzáférés dátuma: October 2017].
- [27] L. Hamilton, „Z-Wave Alliance Announces Board Member and New Security Mandate,” *CED Magazine*, 2016.
- [28] W. Wong, „Q&A: S2's Impact on Z-Wave and IoT Security,” *Electronic Design*, 2017.
- [29] R. Crist, „Z-Wave smart-home gadgets announce new IoT security standards,” *CNET*, 2016.
- [30] R. Crist, „Your Z-Wave smart home gadgets just got more secure,” *CNET*, 2017.
- [31] K. Briodagh, „Mandatory Security Implementation for Z-Wave IoT Devices Takes Effect,” *IoT Evolution*, 2017.
- [32] T. Jorgensen, „Z-Wave as Home Control RF Platform,” *HomeToys*, 2005.
- [33] P. Christensson, „API Definition,” *Tech terms*, 20 June 2016. [Online]. Available: <https://techterms.com/definition/api>. [Hozzáférés dátuma: October 2017].
- [34] M. Rouse, „Definition: Mesh Network Topology (mesh network),” December 2015. [Online]. Available:

Biometrics acquisition in a Hungarian university

The Óbuda University case - Bánki Donát Faculty

Huu Phuoc Dai Nguyen^{1,2}, Lourdes Ruiz¹, Arnod Ószi¹

¹Doctoral School on safety and security sciences, Bánki Donát, Óbuda University
Budapest, Hungary

²CanTho Technical Economics College,
Cantho, VietNam

Abstract

Nowadays, due to the expansion of Internet Communication Technology (ICT), people are becoming interconnected via internet environment. Establishing the identity of an individual is highly essential in our network society. The requirement of a reliable user authentication technique is the main concern about networking security, communication and mobility. Biometric technology is a method that is able to recognize a person based on his/her physical or behavioral traits faster and more convenient than the traditional ways such as password and ID cards. This article describes the biometric data acquisition process at an educational institution using a hand vein recognition device in order to authenticate students, workers and professors. Furthermore, it describes the procedure, the device used and some results achieved since the system was implemented.

Keywords

Biometrics, biometric devices, palm vein, security system

1. INTRODUCTION

Biometric technology has been used to recognize people by using biological traits from human being's physiology such as [1],[2]: fingerprint, palm print, vein pattern, hand geometry, iris, face recognition, voice, etc. A biometric system is a pattern recognition system that acquires biometric data from an individual, extracts the features from the acquired data, stores the features as a template and compares them with the template previously stored in the database [3][4].

1.1 Hand vein pattern

Iris and hand vein pattern are unique characteristics in humans and do not change throughout time. The cardiovascular system is the first system formed in the human body. The physical vein arrangement is exclusive for each person. Hand vein pattern is the network of blood vessels located subcutaneously in the hand[5]. Figure 1 shows the vascular network in a hand. Infrared radiation is used to identify vein patterns. Infrared rays penetrate the hand and are absorbed by the hemoglobin present in the blood. The areas where the infrared rays were absorbed are

used to create an image pattern which will be digitized and used as a template for identification and authorization [6].

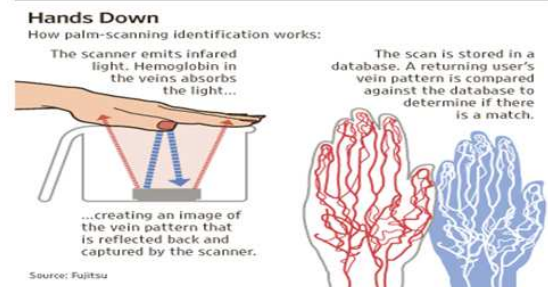


Figure 1: Palm vein authentication [7]

This characteristic is safer than other biometric traits because it does not leave a mark compared with fingerprints and it cannot be easily forged or reproduced like voice. Moreover, it is very difficult to recreate or extract and reuse this characteristic by an impostor. It needs a liveness proof to be authenticated since blood needs to flow into the veins to produce an image, which enhances users' safety[8]. The technology used is noninvasive and contactless which is an advantage where hygienic processes are taken in place [9].

1.2 Advantages

Biometric systems offer various advantages in order to authenticate users in the system [10]. Firstly, users cannot share their biometric characteristics with others as they do with their passwords or smartcards [11]. It is more convenient than passwords/cards because the users don't need to remember, memorize passwords or keep them. Secondly, with the boosting of biometric technology, it creates a new and secure method to make highly accurate verifications of individuals and it cannot be stolen as traditional authentication methods such as: password, card, token, and the like [12]. In fact, attackers cannot counterfeit the user's palm print/iris pattern even using fake or artificial biometric characteristics because most biometric techniques use biological characteristics that cannot be stolen or forgotten. Thirdly, this method can reduce management costs. For instance, with the new

authentication method, the administrators do not need to reissue or issue password/card/token when the users have problems or lose them. Therefore, it can reduce time and cost for management [13]. Palm vein authentication has more advantages than other physical biometric characteristics such as low-resolution imaging, low-intrusiveness, stable line features and low-cost capturing device [12]. Finally, biometric authentication system may be faster than a traditional method, for example: using iris-based, palm vein recognition may take 2 or 3 seconds while finding the smart card or typing the right password, may take 4 or 6 seconds.

1.3 Disadvantages

Biometric technology provides several advantages but it also has some drawbacks such as the cost and cannot be suitable for everyone. Different biometric technology comes along with high deployment costs at the workplace. Some biometric methods cannot be applied to everyone [6], for example: fingerprints are impossible to authenticate someone with no hands; face recognition fails to identify individuals for their whole life because the face changes through time. Furthermore, when biometrics are utilized everywhere in someone's life, all the information is stored in databases; therefore, there is no privacy and can be considered as an intrusive technology.

1.4 Operation

Biometric technique usually uses two basic modes: enrollment and authorization [7]. In the enrollment mode, the characteristics of the user are registered as a sample and stored in a database of the system. Then, in the authorization mode, when using the biometric device, user's characteristics are compared with the stored-template. However, there are two kinds of errors that can happen with a biometric device: False accept (FA) and false rejection (FR). FA can occur when the non-authorized people are authorized as genuine. In contrast, FR happens in rejecting valid people in the system [14].

2. BIOMETRIC TECHNOLOGY IN EDUCATION

Biometric identification market is growing along all the education levels since preschool to universities. According to a 2015 market report by Technavio, in U.S education sector, biometrics market will be expected to reach USD 70 million by 2019. Multifactor authentication and single sign-on features enhance a rapid adoption of this technology. Fingerprints are the most used characteristic followed by vein pattern and voice recognition [15]. Biometric technology has different uses at educational centers. The adoption of this technology is triggered by the necessity of high security levels for protecting students. It is used for granting physical access to the dormitories, canteens or recreational areas also for specific events such as athletic, field trips or dances. At an online level, it is adopted to grant access to digital content and authenticate students during exams by facial

recognition through webcams. Another usage is for monitoring the attendance, enrollment and performance of students and teachers. Moreover, it can be used in conjunction with a cashless catering system, where the student is identified by a biometric device and the meal is deducted from a prepaid card [16]. This research describes and analyzes the hand vein identification and authentication process of students, workers and professors at a Hungarian university faculty. Moreover, it highlights some of the results since this process started and provides suggestions and guidelines to improve it, specifically in this education center but also can be relevant in other educational venues.

3. BÁNKI DONÁT FACULTY CASE STUDY

Bánki Donát Faculty of Mechanical and Safety Engineering is part of the Hungarian Óbuda University. As part of the access control system, the faculty implemented a biometric acquisition process in 2013 using fingerprints for identification and granting access to the university's facilities. In 2016 the fingerprint identification was replaced by a more accurate system using palm vein biometric characteristics as the identifier. Its main goal is to protect the faculty facilities and enhance the safety of the university community. The security system also comprises a closed-circuit video surveillance system but for the purpose of this study, just the biometric security technology will be described

3.1 Palm print acquisition procedure

Three palm vein readers were set up at the entrance of the faculty building. They are connected with three turnstiles [figure 2] or the proximity device – tag [figure 3] which allow one person at a time to enter to the building; once the individual presents the palm and the palm reader authenticates the identity. The enrolling step starts at the beginning of the semester. Faculty community users present their palm; the device acquires a template of both hands and stores it. At the beginning of the palm vein acquisition process, the system had a server with the capacity of enrolling 700 users, nowadays this number increased due to the implementation of a new server that can acquire information up to 1500 users. It is possible to create 5 different types of groups according the user's permissions. At the moment there are 3 groups: students, teachers and workers. The biometric data retention time for students is one semester. At the beginning of the following semester all the information is deleted and the students need to enroll again. This procedure prevents students that are not active to get access to the faculty building and updates the database. For workers and professors the information is stored until they are part of the faculty community. The data acquisition process complies with personal data regulation. System users sign a consent which authorizes the faculty to use their biometric traits for identification purposes inside the

faculty premises and gives the opportunity to use an alternative option. Users can choose whether they want to use the palm vein reader device or use a tag that is sold at the faculty, which also functions with the turnstile. The document also states the retention period of the data, which will be deleted at the first day of registration of the following semester. This process complies with purpose and proportionality principles.



Figure 2: Three turnstiles at the entrance gate



Figure 3: The proximity device (Tag)

3.1.1 Users Registered

Figure 4 shows the number of individuals registered in the system since 2013, which was the year the biometric system was implemented at the faculty. In 2014 was the highest number of people registered (7798). The number for 2017 is just the spring semester 2016-2017. It is expected more people registered for the fall semester 2017-2018.

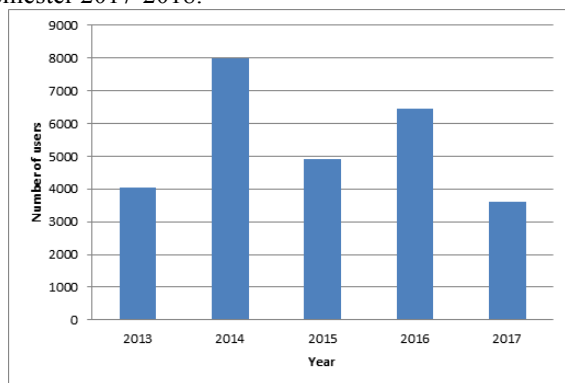


Figure 4: Number of system users per year

3.1.2 Biometric Effectiveness

Figure 5 shows the biometric system effectiveness using the old and the new server compared with the proximity system (tag). The hand vein identification system

surpasses the tag system with 14 % using the new server and 10 % with the old server.

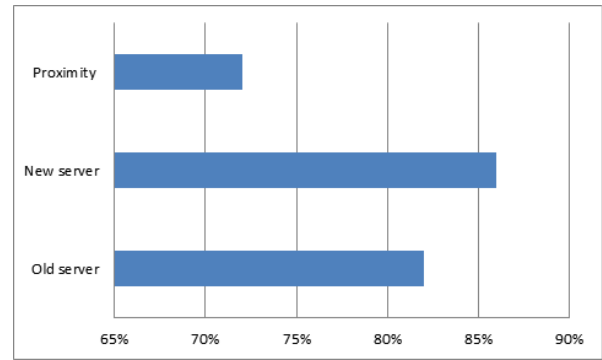


Figure 5: Effectiveness comparison between hand vein identification system and proximity system

3.1.3 The Device

The palm vein reader device has some vital parts such as: palm secure vein sensor, display via LED lights (blue, red, yellow, green) and audio feedback. A sabotage protection is also integrated and it does not require stand-alone power supply because it is provided via USB and CAT cable. The device has the option to be integrated with different systems at an education or industry level. It can be combined with RFID and used with an active directory; therefore, IT administrators can manage only in one surface. . Moreover, this device is a terminal, which is used as a biometric reader in a large or small biometric system, has 256 bit encryption data flow and database. Figure 6 shows a picture of the device and figure 7 shows the actual security system at the faculty



Figure 6: Palm vein reader BS100 [17]



Figure 7: IT administrator in management the system

The requirement for a server which is able to run the palm vein system is not so high. It operates on windows 8

operating system with 16 GB RAM and 1 TB hard drive without connecting to the Internet in order to prevent the security attacks from outside system.

3.2 Functioning

At the enrolling step, the Biosec terminal (BS100) records the individual physical palm veins and uses the data for personal identification. It transfers the signal to BS CONT GK controller. Then the signal continues to send to server via the cables. On the server, the user's characteristics are compared to the stored-template. If they are the same, one signal from the server is sent to the controller again in order to unlock the electric lock gate. In contrast, one signal from the controller is sent to BS100 to turn on the red light to let user try it again because of different reasons such as: overclose distance from user's palm, dirty palm or wrong person. This system [figure 8] also can work in an offline mode, when the connection to the server is interrupted for any reason, the identification process will be taken over by the micro PC which is placed in the controller. Furthermore, one advantage of this system is that it can be integrated via software interface or locally through hardware connection into any other system.

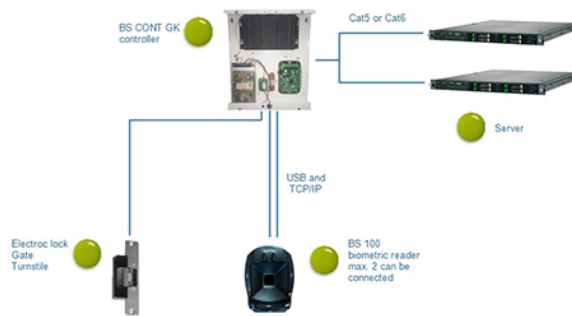


Figure 8: System architecture [17]

4. CONCLUSIONS / RECOMMENDATIONS

The biometric acquisition case study at Bánki Donát faculty is a clear example of how biometric technology is overcoming traditional methods enhancing safety and effectiveness. The biometric system used in Bánki Donát faculty serves its purpose of identify and grant access to the educational facilities for faculty community such as

teachers, students and workers. The usage of palm vein authentication system in order to grant access is convenient. It assures that just authorized individuals can use the facilities. The biometric technology adopted at the entrance of Bánki Donát faculty has the potential to be used in other areas such as the library, cafeteria or sporting spaces. Additionally, it can serve for tracking the attendance of students and workers within the faculty. Furthermore, this kind of technology can work more effectively not only in Bánki Donát faculty but also in the other faculties in Óbuda University in specific, and in other Hungarian universities in general.

1. 5. REFERENCES

- 1 [1] A. Ross, "Human recognition using biometrics: an overview," *Ann. Des Telecommun.*, vol. 62, no. 1, pp. 11–35, 2007.
- 2 [2] M. W. David Zhang, Guang-Ming Lu, Adams Wai-Kin Kong, "Online Palmprint Identification system for civil applications," *Comput. Sci. Technol.*, vol. 20, no. 1, pp. 70–76.
- 3 [3] "Vascular network in hand." .
- 4 [4] I. Biometrics, No Title. .
- 5 [5] S. Crisan, "Biometric Security and Privacy," pp. 21–50, 2017.
- 6 [6] a. Nadort, "The hand vein pattern used as a biometric feature," *Master Lit. Thesis*, no. May, p. 162, 2007.
- 7 [7] M. Watanabe, "Palm vein authentication," *Advances in Biometrics: Sensors, Algorithms and Systems*, 2008. .
- 8 [8] K. Yang, E. Y. Du, and Z. Zhou, "Consent biometrics," *Neurocomputing*, vol. 100, pp. 153–162, 2013.
- 9 [9] "Vascular Pattern Recognition," 2012. .
- 10 [10] S. Prabhakar, S. Pankanti, and A. K. Jain, "Biometric recognition: security and privacy concerns," *IEEE Secur. Priv. Mag.*, vol. 1, no. 2, pp. 33–42, 2003.
- 11 [11] H. P. D. Nguyen, "Fingerprint Device (Suprema) Is Safe or Not?," *Hadmérnök*, vol. 4, pp. 10–18, 2016.
- 12 [12] M. G. K. Ong, C. Tee, and A. T. B. Jin, "Touch-less palm print biometric system," *Visapp 2008 Proc. Third Int. Conf. Comput. Vis. Theory Appl. Vol 2*, pp. 423–430, 2008.
- 13 [13] Growth Business Co, "Biometrics in Business," *Growth Business UK*, 2005. [Online]. Available: <http://www.growthbusiness.co.uk/biometrics-in-business-18454/>.
- 14 [14] J. Malik, D. Girdhar, R. Dahiya, and G. Sainarayanan, "Reference Threshold Calculation for Biometric Authentication," *Int. J. Image, Graph. Signal Process.*, vol. 6, no. January, pp. 46–53, 2014.
- 15 [15] "Technavio, "Biometrics Market in the United States in Education Sector 2015-2019." .
- 16 [16] "I. Inc, "Biometrics in Education- A Growing Demand." .
- 17 [17] "Palm system architecture." .
- 18

Az IT biztonsági programok sikerességére ható szervezeti képességek I.

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

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: COBIT, ITIL, projekt, kiberbiztonság, kompetencia

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: COBIT, ITIL, project, cybersecurity, competency

1 BEVEZETÉS

Magyarországon 2013-ban jelentős változás következett be mind az állami és önkormányzati szervek, mind a privát cégek informatikai rendszereinek napi üzemeltetésében, illetve a jövőben kialakításra kerülő IT rendszerek külső és belső fejlesztési projektjeiben.

Amíg az államigazgatási szervekre a 2013. évi L. törvény, azaz az Információbiztonsági törvény (Ibtv) [1] és végrehajtási határozatai ró ki jelentős feladatokat, addig a vállalatokra az Európai Unió Adatvédelmi rendelete, azaz a GDPR (General Data Protection Regulation) [2], illetve a NIS irányelv (A hálózati és információk rendszerek biztonsága) [3] fog kifejteni jelentős hatást. A felkészülési folyamatot minél hamarabb meg kell kezdeniük az érintett szervezeteknek, hogy készen álljanak a 2018. május 25-én életbe lépő változásokra. Ne felejtjük el azonban, hogy a GDPR hatása ugyan a civil szektorban fog jelentős

változásokat hozni a személyes adatok kezelésében, mindazonáltal számolni kell a közigazgatási szervezetek érintettségével is. [4]

Mindezen keretrendszerek alapjaiban alakították át a kormányzati és privát szféra IT biztonsággal való kapcsolatát. A megváltozott IT fejlesztési és beruházási igények velejárája, hogy a beszállítóknak, integrátoroknak és fejlesztőknek is változtatni kell a jelenlegi stratégiájukon, valamint eme szándékoknak a vállalati kontrollokban is előbb-utóbb meg kell jelennie.

A kontrollok kiépítése és a szervezetek érettségi szintjének meghatározása most is zajló folyamat. A jelenlegi turbulens környezetben azonban az IT projektek lebonyolítása is egyre komplexebb feladatot ró mind a kormányzati szektor, a koordináló szervezetek és hatóságok, mind a beszállítók számára.

Ahhoz, hogy ezek a határozott, jól definiált kritériumok teljesülhessenek, szükség van arra is, hogy az érintettek meg tudják fogalmazni az igényeiket, tisztában legyenek a saját képességeikkel, valamint a folyamatos fejlesztés keretében magasabb szervezeti szintre tudjanak jutni. [5]

A cikk rámutat arra, hogy az egyes szervezeti jellemzők és kompetenciák jelen vannak-e, illetve milyen mértékben jellemzik a különböző szervezeteket, valamint a hozzájuk tartozó ellátási lánc egyéb elemeit (beszállítók, integrátorok, fejlesztők stb.).

Ennek feltérképezése történik meg az öt, legfontosabb kompetenciacsoporthat aktuális helyzetét vizsgáló kérdőíves kutatás keretében:

- a szervezet stratégiájának mélysége,
- a szervezet érettségi jellemzői,
- a szervezet kontrollkörnyezete,
- a szervezet fejlődési dimenziói,
- a projektek eredményeinek jellemzői.

A cikksorozat első része bemutatja a rendszerre ható, illetve jelentős hatással bíró tényezőket, míg a második rész arra a kérdésre keresi a választ, hogy a négy magyarító változó (stratégia, érettség, kontroll, valamint a fejlődés) hatással van-e a projekt sikerességi kompetenciákra, valamint igyekszik feltárni a kompetenciacsoporthat legdominánsabb jellemzőit is.

2 A KERETRENDSZER BEMUTATÁSA

2.1 Az Információbiztonsági törvény

Szerencsére a jogalkotók felismerték annak jelentőségét, hogy a hazai elektronikus adatvédelem kiemelt fontossággal bír Magyarországon és egyben az Európai Unió érdekei tekintetében, ezért 2013-ban elfogadásra került az ide vonatkozó törvény: a 2013. évi L. törvény az állami és önkormányzati szervek elektronikus információbiztonságáról. [6]

Ennek a jogszabálynak az életre hívását a 2001. november 23-án, Budapesten, az Európa Tanács által jóváhagyott egyezmény (Convention on cybercrime) elfogadása alapozta meg. [7]

A törvény, illetve a végrehajtási határozatai részletesen szabályozzák a hatáskörébe utalt szervezetek számára (állami és önkormányzati szervek), hogy [8]

- mindenekelőtt fel kell mérniük informatikai „érettségi” szintjüket, saját rendszereik tekintetében,
- majd kezelniük kell azon helyzeteket, amikor az adatok, illetve rendszerek nem egyeznek meg az elvárt szinttel (azaz cselekvési tervet kell kidolgozniuk, azonban ebben az esetben a jogszabály türelmi időt biztosít számukra),
- végül a jövőben kialakítandó rendszereiket (itt már nem áll rendelkezésre türelmi idő) azonnal meg kell feleltetni az adott biztonsági szint követelményeinek.

A fenti felsorolásból látható, hogy mennyire fontos a szervezetek jelenlegi és a jövőbeli érettségi szintje, a kontrollok implementálása, valamint a szervezeti, esetleg IT stratégiák megléte ahhoz, hogy a megfelelő fejlődési ütem biztosítva legyen, valamint a sikeresen kivitelezett projektek száma az elvárásoknak (az Európai Unió pénzhívásokon túl itt meg kellene jelennie a minőségi és biztonsági kritériumoknak is) megfelelően alakuljon.

Fontos továbbá, hogy a törvényi környezet hatással van (pozitívan, de akár negatívan is) mindazon vállalatokra, akik a közigazgatásban kvázi beszállítóként vagy integrátorként vesznek részt. [9]

Mi a helyzet a jövőben megvalósításra kerülő projektekkel? Honnan tudható, hogy a kellő számú kontrollt tartalmazza-e az eredménytermék? A kontrollok megfelelően működnek-e? Milyen lehetőség van ezek ellenőrzésére, illetve a tervezési fázisban miként lehet az érdekeket érvényesíteni?

Erre a választ a törvény a már korábban idézett feladat-szabása adja meg (projektek ellenőrzése). A napi működési szintre vonatkoztatva azonban praktikusán ki kell választani azokat a kiemelt, nagy súlyt képviselő projekteket, amelyek ellenőrzése közben tartható, utókövetése elvégezhető.

Ennek érdekében a NKI a Közigazgatás- és Köszolgáltatás-fejlesztés Operatív Program (KÖFOP) projekteinek tekintetében végzi az ellenőrzési és tanácsadási feladatokat.

Az informatikai relevanciával bíró projekteknél az „üzleti” célok elérését különböző módokon lehet elvégezni, ehhez gyakran modelleket kell választani (pl. felhő alapú szolgáltatások). Ezek azonban érthető módon korlátozva vannak a kormányzati szereplők számára. Ennek be-

tartásának az ellenőrzése is az NKI feladatai közé sorolandó, és nagyban befolyásolja a közigazgatási szervek beszerzési és projekt stratégiáját. [10]

A KÖFOP program célja: „Az operatív program intelligens, fenntartható és inkluzív növekedésre vonatkozó uniós stratégiához és a gazdasági, társadalmi és területi kohézió megvalósításához való hozzájárulására vonatkozó stratégia”. [11]

2.2 Érettségi modellek és szolgáltatásmenedzsment

A szervezet aktuális fejlettségi állapotának jellemzésére szükséges volt egy olyan koordinárendszer, valamint iránymutatás megalkotása, amelyben egyaránt értelmezhető maga a szervezet, a szervezet által nyújtott szolgáltatások, valamint ezen szolgáltatások elvégzéséhez szükséges folyamatok összesítése, illetve a szükséges kompetenciák minőségi jellemzése. [12]

Számos nemzetközi- és hivatalos szervezet adott ki részletes leírást, iránymutatást, hogy miként is kell felépíteni úgy a vállalati portfóliót, hogy az fenntartható, hosszútávon működtethető, ugyanakkor jövedelmező legyen.

A korlátos vállalati erőforrások megfelelő allokációjában segít az észak-amerikai szervezet: az ISACA által kidolgozott COBIT (Control Objectives for Information and Related Technology) ajánlás, amely természetesen nem kötelező jellegű egyetlen szervezetre nézve sem, azonban implementálásával – a jellemzően IT, de egyéb – üzleti folyamatok optimalizálhatók, a szervezet piaci megítélése erősen fejleszthető.

A másik metodológia az ún. "IT best practice" azaz legjobb megoldásokon alapuló, az Egyesült Királyság kormányzatának gondolatát tükröző, az informatikai beszerzésnek minőségbiztosítása érdekében életre hívott, már-már szabványként kezelt informatikai rendszerek üzemeltetésére és fejlesztésére szolgáló módszertan, az ITIL. [13]

Mind a két módszertan ajánlásokat tesz arra nézve, hogy miként lehet meghatározni, mérni, javítani és akár szabványosítani a szervezet által végzett tevékenységeket. Nagyon fontos kiemelni, hogy a folyamatok definiálása után nem ér véget a feladat, kívánatos az elért eredmények fenntartása, illetve folyamatos fejlesztése.

Az üzleti folyamatok tervezése (BPM, Business Process Management) [14] és az üzleti folyamatok üzemszerű állapotától való eltérések kezelése, azaz az üzletmenet folytonosság tervezéséhez is elengedhetetlen eme metodológiák implementálása. (BCP, Business continuity planning). [15]

Ne higgyük azonban, hogy ez a két (és számtalan más) nemzetközileg elismert eljárás szöges ellentétben áll egymással. A későbbiekben bemutatásra kerül, hogy ezek a szabályrendszerek nagyon jól egybeilleszthetők, a közöttük lévő szinergiák így könnyen kihasználhatók.

Az ITIL, valamint COBIT szemléletek olyan erős hatást fejtettek ki az iparágra, hogy az eljárások mélyen beépültek mind az észak-amerikai kontinensen (NIST 800-53) [16], mind Európában (ISO 27001:2013) megalkotott szabványokba. [17]

Azok a szervezetek, amelyek felismerik, hogy a piacon való megmaradásukhoz, illetve az állami szervezeteknél a hatékony feladat végrehajtáshoz elengedhetetlen valamely ismert eljárás implementálása, igen komoly versenyelőnyhöz juthatnak (közigazgatási intézményeknél ez más formában, akár állampolgári elégedettségben, akár nagyobb társadalmi felelősségvállalásban nyilvánulhat meg).

Mivel a kutatás alapváltozóit képezik a most nagy vonalakban ismertett szabályrendszerek (egyes definiálható, mérhető és kiértékelhető paraméterei), ezért a részletesebb bemutatásuk elkerülhetetlen.

A felmérés alapját képező változók, azaz a stratégia és a kontrollok megléte, a fejlődés, az érettségi szintek, valamint a projekteredményesség beazonosításához meg kell ismerkednünk azokkal a szemléletmódokkal, amelyek alapján a kutatás módszertanban megfogalmazott céloknak megfelelően a kérdőív összeállítása megtörtént.

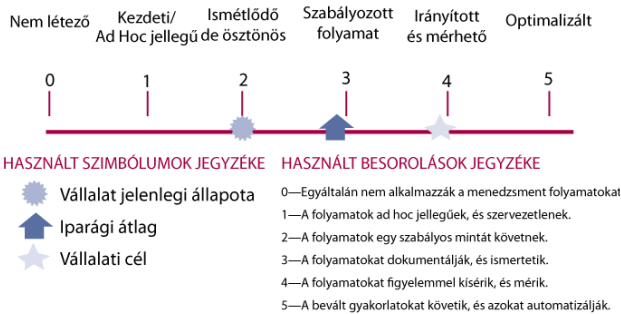
2.3 A COBIT szervezetérettségi szempontrendszer

Az ISACA által megalkotott COBIT egy olyan ún. keretrendszer, amely segítségével az IT menedzsment és az IT irányítás szervezeti szintű megvalósítása elvégezhető. [18]

A keretrendszer hat fokozatú (a nulladik szint egyértelműen a nem létező folyamatokra utal) skálát (érettségi modellt, 1. ábra) határozott meg, hogy az egyre magasabb szervezeti szintek beazonosíthatók legyenek: [19]

- a 0. szinten a folyamatok nem figyelhetők meg,
- az 1. szinten már vannak jelek arra nézve, hogy a vállalkozás felismerte azokat a területeket, amelyekre energiát kell szentelnie, de a folyamatok nem szabványosítottak, azok inkább ad hoc jellegűek,
- a 2. szinten a folyamatok hasonló eljárásokat követnek, de nincsen oktatás, nincs tájékoztatás,
- a 3. szinten az eljárások szabályozottak és jól dokumentáltak,
- a 4. szinten a mérés is elvégezhető,
- az 5. szinten a folyamatok optimalizáltak, azok folyamatos fejlesztése megvalósult.

1. ábra: A COBIT szerinti érettségi szintek [20]



2.4 Az Information Technology Infrastructure Library (ITIL) perspektívája

Míg a COBIT egy specifikusabb eljárás eszköztárat biztosít a szervezetek hatékony működtetésére, addig az ITIL módszertan a legjobb eljárásokat ajánlja – és dolgozza egy egységes rendszerbe. Ezek a legjobb gyakorlatok lefedik a szervezetek szolgáltatás portfóliójának teljes életciklus menedzsmentjét, kezdve a tervezési fázistól, egészen a megszűnő szolgáltatások kivezetéséig. [21]

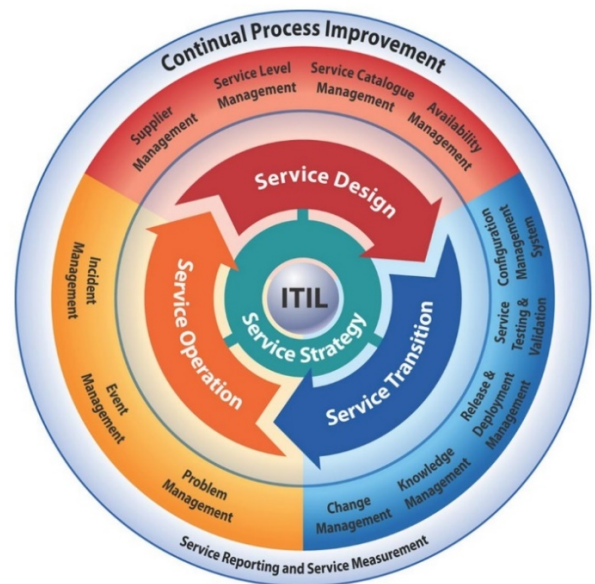
Az ITIL ereje a már korábban említett teljes szolgáltatás életciklus lefedésében megmutatkozik, amennyiben ez a szemlélet implementálva van egyéb szervezeti funkciókba is, úgy jelentős hatást fejt ki a projektek tervezésére, végrehajtására és nem utolsósorban az utókövetésre is. [22]

Az üzleti folyamatok pontos feltérképezése, menedzsmentje, valamint a folyamatos fejlesztés ugyancsak megjelenik ebben a metodikában is.

A teljes folyamatmenedzsmentet tehát az ITIL öt egymáshoz kapcsolódó, egymásra épülő tevékenységek végrehajtásával tudja biztosítani: [23]

- Szolgáltatásstratégia: piaci lehetőségek azonosítása, képességnövelés, értéknövelő tevékenység,
- Szolgáltatástervezés: projekt-terv a stratégiában felvázolt szolgáltatás kivitelezésére,
- Szolgáltatáslétesítés és változtatás: a megtervezett szolgáltatás létesítéséhez szükséges konkrét megvalósítás,
- Szolgáltatásüzemeltetés: a folyamatos üzemeltetés biztosítása,
- Állandó szolgáltatásfejlesztés: a minőségmenedzsment tevékenység keretében a szolgáltatások folyamatos fejlesztése következik be.

2. ábra: Az ITIL koncepciója [24]



2.5 Az Információbiztonsági törvénybe implementált modellek és az informatikai rendszerek érettségi szintjei

A hazai törvény és jogszabály gyakorlati útmutatója, azaz a 41/2015. Belügyminisztériumi rendelet szoros összefüggést mutat a NIST 800-53, valamint a COBIT módszertanban megjelenő kontroll és érettség szemléletével.

A Hatóság (NEIH) számára minden közigazgatási szerv köteles megküldeni az informatikai rendszereinek osztályba sorolását (1. táblázat). Az osztályba sorolt rendszerek szintje függ a kezelt adatok minőségétől, az informatikai rendszerek értékétől, illetve az adatok elvesztése vagy kompromittálása esetén bekövetkezett társadalmi és anyagi kár mértékétől.

1. táblázat: Besorolási útmutató részlete [25]

1	Sorszám	Intézkedés típusa	Biztonsági osztály				
			1	2	3	4	5
2							
3	2003.01.01	Szervezeti szintű alapfeladatok					
4	3.1.1.1.	Informatikai biztonsági szabályzat	X	X	X	X	X
5	3.1.1.2.	Az elektronikus információs rendszerek biztonságáért felelős személy	X	X	X	X	X
6	3.1.1.3.	Az intézkedési terv és mérőföldkövei	0	X	X	X	X

A bonyolult besorolási procedúra, valamint az egységes nyelvezet érdekében a Hatóság segédletet biztosít a szervezetek számára, amely nagyban megkönnyíti mind a közgazgatási intézmények, mind magának a Hatóságnak a munkáját.

Amennyiben az elvárható besorolási és a valós osztály között negatív eltérés mutatkozik, akkor az adott szervezetnek intézkedési tervet kell készítenie a megkívánt érettségi szint eléréséhez.

A jogszabályok értelmében a kontrollokat három rétegben kell alkalmazni annak érdekében, hogy a kockázatkezelés a teljes környezetre meg tudjon valósulni:

- fizikai: pl.: beléptető rendszerek,
- adminisztratív: pl.: belső szabályzás, kockázatelemzés,
- logikai: pl.: azonosítás, hitelesítés, hozzáférés ellenőrzése.

A logikai intézkedések alcsoportjai között felfedezhetjük az ún. COBIT kocka üzleti igények dimenziójában elhelyezkedő ún. CIA modellt (COBIT). Ennek a modellnek a hazai jogszabályi környezetbe történő implementálása teljes mértékben megtörtént.

A CIA modell kritériumrendszere pontosan jellemezni tudja a szervezet informatikai rendszereinek érettségét, azaz megmutatja a rendszer biztonsági képességeit:

- Confidentiality, bizalmasság:
- Integrity, sértetlenség,
- Availability, rendelkezésre állás aspektusából.

Az egyes biztonsági osztályok elérésének ugyanis igen komoly feltételei vannak, kezdve a fizikai eszközök minőségétől, a kollégák tudásának és kompetenciájának bővítésén át magának a szervezet érettségének (stratégiai tervezés, projektszemlélet stb.) magasabb szintre történő eljuttatásáig.

3 A PROJEKTMENEDZSMENT ALAPKÉRDÉSEI

Különösen fontos tisztázni tehát azt, hogy mitől függ egy projekt sikeres végrehajtása, mi az, ami az adott projektet eredményessé, a megvalósított eredményterméket pedig elfogadhatóvá teszi.

3.1 Az elsődleges projektcélok

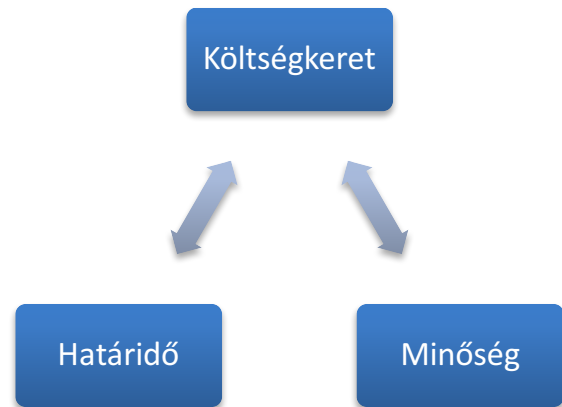
Ahhoz, hogy sikeresen be tudjuk kategorizálni egy adott projekt végkimenetelét, és meg tudjuk határozni az adott szervezet projektsikerességét érdemes először azt tisztázni,

hogy mitől is függenek a projektek megvalósítási határfeltételei. [26]

A szervezetek számára a projektek egyszeri, komplex feladatokat jelentenek, amelyek kezdeti és befejezési időtartama, valamint költségvetése behatárolt. [27]

Ebből a definícióból látható, hogy a hármas peremfeltétel, azaz a „mágikus projektháromszög”, vagy „szentháromság” a következők szerint alakul: [28]

3. ábra: A projektmenedzsment háromszöge [29], saját szerkesztés



A peremfeltételek paramétereinek mérését fontos folyamatosan elvégezni, illetve rendszeres időközönként az érintettekhez eljuttatni a mérések eredményét annak érdekében, hogy a megfelelő GAP analízissel elősegíthető legyen a projektek sikeres végrehajtása. [30]

3.1.1 Költségkeret

A finanszírozási kérdések mindig is kritikus pontját jelentették a projektek végrehajtásának. Ennek a célnak a megfelelésénél azt kell vizsgálni, hogy a végrehajtáshoz szükséges erőforrásokkal rendelkeznek-e az adott szervezet?

Mivel a közgazgatási, és különösen az Európai Unió projektjeinél elsődleges fontossággal bírnak a tervezhető költségek, ezért ilyen esetben a javasolt elszámolási rendszer az árbázisú, költségcél típusú, esetlegesen (amennyiben jól tervezhető) a költségbázisú elszámolási rendszerek. [31], [32]

Megjegyzendő, hogy az Európai Unió projektjeinél (pl. KÖFOP) nem minden esetben elsődleges a költségcél tényleges betartása. Jellemző a túltervezés, a nagyvonalú keretmegállapítás, amely magával vonja a pazarlás lehetőségét is.

Ennél a szempontnál ezért érdemesebb azt vizsgálni, hogy a projekt megvalósíthatósági fázisában tervezett költségek struktúrája miként korrelál a befejezett projekt költségvetésével.

3.1.2 Időkeret

Az időkeret arra ad választ, hogy a projektnek mikorra kell befejeződni, illetve amennyiben a korábban meghatározott időkeret nem tartható, úgy lehetőség van-e azon változtatni?

Az időkeretben bekövetkező csúszások óhatatlanul magukkal vonják a költségek növekedését, illetve a projekt céljának nem teljesítését.

Amennyiben egy projekt számára az időkeret tartása létkérdés, úgy javasolt a határidőcél alapú elszámolási mód tartása, hiszen ebben az esetben a jellemzően külső vállalkozók inkább pozitívan élnek meg az időnyomás jelentette sokkot.

Amennyiben az időkeretet az Európai Unió kritériumok szemszögéből vizsgáljuk, úgy megfigyelhetjük, hogy az aktuális tervezési ciklus időkerete adott (a program 2020-ban ér véget). Ezen időszak végére teljes egészében le kell tudni hívní azokat az összegeket, amelyeket a szervezetek céljaik eléréséhez allokáltak.

3.1.3 Minőség

A projekt céljának eléréséhez szükséges paraméterek, illetve állapotok. Ezek a paraméterek általánosságban a projekt specifikációjában vannak rögzítve, azonban rendkívül nehéz feladat meghatározni minden egyes paramétert, ha a cél elérése nem pontosan definiálható, vagy az rendkívüli komplexitással bír. [33]

Amennyiben az a cél, hogy eme paraméterek feltétlenül megvalósulhassanak a projekt végrehajtása során érdemes a paramétercélú elszámolási módot választani, ugyanis ebben az esetben az ösztönző erőt pont az így definiált kritériumok képviselik.

Az Európai Unió projektek tekintetében azonban el kell mondani, hogy ezen peremfeltételt nem minden esetben sikerül betartani. Sőt leggyakrabban ez az a feltétel, aminek kárára történik a projektek kivitelezése, hiszen itt a legnehezebb bizonyítani az eredeti céloktól való eltérésből adódó esetleges hiányt.

3.2 Projektek sikerességi tényezői

A korábban tárgyalt kritériumok teljesülése nem vezet egyenesen a projekt teljes sikeréhez. Kizárólag a hármas kritérium alkalmazása nem minden esetben elegendő, Atkinson négyes peremfeltétel-rendszert határozott meg, amely már figyelembe veszi az egyéb sikert befolyásoló tényezőket: [34]

- hármas peremfeltétel,
- a rendszer jellemzői,
- a szervezet támogatása,
- valamennyi érintett támogatása.

Az említett jellemzők alapján építkeznek az ún. sikeresség vizsgálati referenciamodellek is. Ezek a modellek segítenek abban, hogy a szervezet nyomon tudja követni a képességeit, adottságait, illetve az eredményeit is. Ilyen modellek pl. a Projekt kiválóság modell (Project Excellence), az EFQM (European Foundation of Quality Management), illetve az erre a modellre épülő közigazgatási sajátosságokat is adaptáló Általános Értékelési Keretrendszer (CAF, Common Assessment Framework) is.

A projektsikeresség vizsgálata igen komplex feladat, több kutatás (empirikus) is készült az okok és okozatok feltárására. Ezen tanulmányok összegzését Dr. Szabó Lajos a Projekt menedzsment című könyvében részletesen elvégezte. Ebből a közigazgatási aspektusok tekintetében a következő befolyásoló tényezők kerülnek kiemelésre: [35]

- A topmenedzsment támogatása, nagyon fontos szempont, ahogy az a Standish Group 2014-es kutatásából is kitűnik, ugyanis a felsővezetői támogatás jelentősen befolyásolja a projekt sikerességét. Szomorú azt tapasztalni, hogy még a kiemelt beruházások tekintetében sem

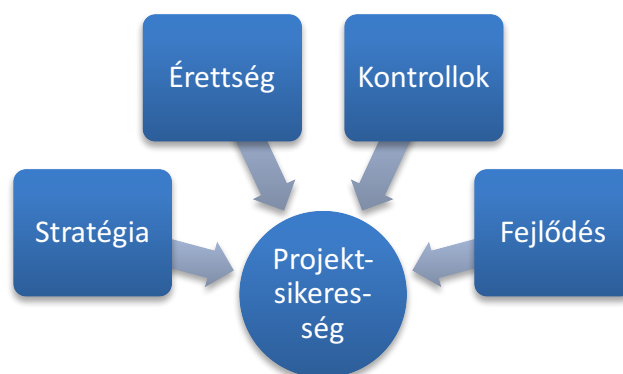
tudják a vezetők a megfelelő időmennyiséget allokálni, [36]

- A célok definiálása, illetve a cél iránti elkötelezettség, is gyakran problémát jelent a közigazgatásban, ugyanis az ilyen hosszú távú projekteknél (pl.: KÖFOP 2020) a célok (amennyiben nem kerültek pontosan meghatározásra) jelentős mértékben változhatnak, átalakulhatnak, ezzel veszélybe sodorva az éppen folyamatban lévő projektek végrehajtását.

4 AZ IT BIZTONSÁGI PROJEKTSIKERESSÉGET ÉS A SZERVEZETI FEJLŐDÉST ÉRINTŐ KUTATÁS ÉS EREDMÉNYEI

4.1 Kutatási modell

4. ábra: kutatási modell, saját szerkesztés



4.2 Hipotézisek, feltételezések

H1: A vállalatok magasabb érettségi szinten állnak, mint a közigazgatási szervezetek.

H2: A fejlődési potenciál magasabb a vállalatoknál.

H3: A stratégia minősége hat a projektek sikerességére.

H4: A szervezetek érettsége befolyásolja a projektek végrehajtását.

H5: A kontrollok implementálása hatással van a projektekre.

H6: A fejlesztések előmozdítják a projektek sikerességét.

4.3 A változók konceptualizálása

- Stratégia: a szervezet hosszú távú célkitűzései meghatározzák a célok eléréséhez elengedhetetlen erőforrásokat és a fejlesztési akciókat.
- Érettség: a szervezetben végzett folyamatok mérésével meghatározható a szervezet aktuális érettségi szintje. Az érettségi modell számszerűen tervezhetővé és ellenőrizhetővé teszi az egyes folyamatok szabályozottságának és a vezetés általi kézben tartottságának fokát.
- Kontroll: az olyan irányelvek, szabályzatok, eljárások, gyakorlatok és szervezeti struktúrák összessége, melyeket arra hoztak létre, hogy egyszerű bizonyosságot adjanak arra, hogy a célkitűzések elérhetők, a nemkívánatos események megelőzhetők, illetve felismerhetők, és helyesbíthetők legyenek. [37]

- Fejlődés: olyan fejlesztési tevékenység, amelynek a célja egy szervezet fejlődésének elősegítése, túlélési esélyeinek növelése (Szervezetfejlesztés).
- Projektsikeresség: a projekt szereplőinek a projekt eredménytermékét a minőségi, idő és költség szempontok alapján osztályozó véleménye.

4.4 A változók operacionalizálása

Stratégia: a stratégia megléte, részletessége, operatív jelenléte és betartása az érintett szervezeteknél.

A változót a következő kritériumok jellemzik a legjobban:

- a stratégia megléte különböző szinteken (szervezeti, IT és IT biztonsági),
- a célkitűzések érintettekkel történő megismertetése,
- a kitűzött célok végrehajthatósága,
- a stratégia kidolgozásában való részvétel lehetősége,
- a stratégia felülvizsgálatának gyakorisága.

A stratégia, mint legalapvetőbb szervezeti kompetencia megjelenik mind az ITIL, mind a COBIT keretrendszerek vonatkozásában is, így a vizsgálni szándékozott kérdések is ezen értékrendek szerint lettek megfogalmazva.

Tekintettel arra, hogy az ezt a változót leíró ismérvek egymásra épülnek ugyan, de arányosításuk nem elvégezhető, ezért a változó mérése ordinális skála segítségével történt meg.

Érettség: a szervezet működését leíró folyamatok megléte, azok illeszkedése a valós tevékenységekhez.

A változó leírása a következő kérdések vizsgálatával lett kialakítva:

- döntéshozatal,
- folyamatok,
- dokumentáltság,
- mérés,
- fejlesztés.

Látható, hogy a fent meghatározott irányok a COBIT metodika érettségi modelljére épülnek, amely nagyban összefügg a projektmenedzsmentet érintő, érettségi modellel.

A változó mérése úgy lett kialakítva, hogy annak mérése magas mérési, azaz Likert-skálán történjen meg.

Kontrollok: a szervezet IT biztonsági folyamatait szabályozó kontrollok megléte, azok viszonya a ténylegesen elvégzett, illetve betartott kontrollokhoz képest.

A változó vizsgálata a következő tényezők alapján történt:

- biztonságtervezés,
- adatvédelem,
- kockázatelemzés,
- incidenskezelés,
- biztonsági képzés.

Az Ibtv. végrehajtási rendeletében 41/2015. Korm. Rendelet szerepeltetett logikai kontrollok kerültek be a kérdőívbe, amelyek mérése szintén magas mérési, azaz Likert-skálán történt meg.

Fejlődés: a kezdeti, a jelenlegi, illetve tervezett fejlődési szintek összehasonlítása.

Vizsgált kérdések:

- általános képzés,
- folyamatfejlesztés,
- projektszervezet kialakítása.

Az ITIL keretrendszer alapján meghatározott változó mérése ugyancsak magas mérési, azaz Likert-skála segítségével lett elvégezve.

Projektsikeresség: a vizsgálat alapját az EFQM modell eredmények oldala képezte.

A vizsgált szempontok:

- belső érintettek,
- külső érintettek,
- társadalmi elvárások,
- eredménytermék,
- terv-tény összehasonlítás.

A referenciamodell alapján jellemzett változó mérése szintén magas mérési, azaz Likert-skála segítségével lett kialakítva.

4.5 Adatgyűjtési módszer

A kvantitatív vizsgálatok kérdőív segítségével kerültek lebonyolításra. A vizsgálatba bevont megkérdezettek száma (előzetesen) legalább 50 fős mintanagyságra lett tervezve (figyelembe véve a téma jellege miatti kitöltési hajlandóságot), ezért a kérdőívvel történő felmérés jó alapot teremtett az egyes szervezeti típusok összehasonlítására is.

Az elemzési kör: közigazgatási szervezetek és azok beszállítói.

A kvantitatív kutatás során kitöltésre előkészített kérdőív 2 fő részre tagolódott. Az első részbe a személyes, valamint a vállalatra jellemző kérdések kerültek (10 db kérdés).

A második, jellegében nagyobb terjedelmű részben került vizsgálatra az öt változóhoz (stratégia, érettség, kontroll, projektsikeresség, fejlődés) tartozó kérdéssor összesen 23 db kérdés formájában.

A kérdőíveket a célcsoportokhoz (közigazgatási és hozzájuk kapcsolódó partnerek) több csatornán (kör e-mail, közösségi hálózat, személyes megkeresés) történt. A válaszadás önkéntes és anonim volt, a válaszadók beazonosítására később semmilyen módon nincs lehetőség.

5 ÖSSZEFOGLALÓ

A cikk ezen része azokat a tényezőket mutatta be, amelyek hatását figyelembe kell venni az IT projektek végrehajtásánál, hiszen a feltárt képességek nagyban befolyásolják a szervezetek kiberbiztonsági potenciálját is. A cikk következő része magával a kutatással, illetve az eredmények kiértékelésével foglalkozik, valamint tanácsot ad a szervezetek kibervédelmi képességeinek fejlesztésére vonatkozólag.

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] 2013. évi L. törvény az állami és önkormányzati szervek elektronikus információbiztonságáról
- [2] Az Európai Parlament és a Tanács (EU) 2016/679 rendelete (2016. április 27.) a természetes személyeknek a személyes adatok kezelése tekintetében történő védelméről és az ilyen adatok szabad áramlásáról, valamint a 95/46/EK rendelet hatályon kívül helyezéséről (általános adatvédelmi rendelet)
- [3] Az Európai parlament és a Tanács (EU) 2016/1148 irányelve (2016. július 6.) a hálózati és információs rendszerek biztonságának az egész Unióban egységesen magas szintjét biztosító intézkedésekről
- [4] Az Európai Parlament és a Tanács (EU) 2016/1148 irányelve (2016. július 6.) a hálózati és információs rendszerek biztonságának az egész Unióban egységesen magas szintjét biztosító intézkedésekről
- [5] Liz Gallacher, Helen Morris: ITIL Foundation Exam Study Guide; John Wiley & sons, London, 2012.,
- [6] 2013. évi L. törvény az állami és önkormányzati szervek elektronikus információbiztonságáról
- [7] ETS 185 – Convention on Cybercrime
- [8] 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
- [9] Kápolnai András: E-business stratégia vállalati felsővezetőknek; Aula, Budapest, 2002., pp. 48-56
- [10] Bögel György: Terepszemle; Typotex, Budapest, 2012., pp. 42-60
- [11] Közigazgatás- és Közszolgáltatás-fejlesztés Operatív Program
- [12] ISACA: COBIT 4.1; ISACA, Rolling Meadows, 2007.,
- [13] What is ITIL® Best Practice?: <https://www.axelos.com/best-practice-solutions/itil/what-is-itil>, Letöltés: 2017. április 07.
- [14] Jan vom Brocke – Michael Rosemann: Handbook on Business Process Management 2; Springer, New York, 2015., pp. 5-44
- [15] Adam Gordon: CISSP Training Series; CRC Press, New York, 2015., pp. 1-60
- [16] National Institute of Standards and Technology: Security and Privacy Controls for Federal Information Systems and Organizations; NIST, USA, 2013.,
- [17] International Organization for Standardization: ISO 27000:2013; International Organization for Standardization, Genf, 2013.,
- [18] ISACA: COBIT 4.1; ISACA, Rolling Meadows, 2007.,
- [19] ISACA: COBIT 4.1; ISACA, Rolling Meadows, 2007., pp. 17-47
- [20] Dr. Borda József: IT menedzsment; TÁMOP-4.1.2, Budapest, 2013.,
- [21] Adam Gordon: Official (ISC)2 Guide to the CISSP CBK; CRC Press, New York, 2015., p. 94
- [22] Molnár Bálint – Kő Andrea: Információrendszerek auditálása; Corvinno, Budapest, 2009., pp. 291-318
- [23] Broczkó Péter: http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop-425/0053_ITIL_Alapu_Szolgaltatasmenedzsment/ITIL_alapu_szolgalatas_menedzsment_1_1.html, Letöltés: 2017. április 07., TÁMOP 4.2.5, Budapest, 2011.,
- [24] Liz Gallacher, Helen Morris: ITIL Foundation Exam Study Guide; John Wiley & sons, London, 2012., pp. 20-21
- [25] 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
- [26] Dr. Szabó Lajos: Projekt menedzsment; Pearson Education, Harlow, 2012., pp. 25-27
- [27] Görög Mihály: A projektvezetés mestersége; Aula, Budapest, 2003., pp. 27-29
- [28] Dr. Szabó Lajos: Projekt menedzsment; Pearson Education, Harlow, 2012., pp. 26-30
- [29] Görög Mihály: A projektvezetés mestersége; Aula, Budapest, 2003., p. 28
- [30] Project Management Institute: A guide to the project management body of knowledge; Project Management Institute, Pennsylvania, 2008., pp. 64-104
- [31] Dr. Szabó Lajos: Projekt menedzsment; Pearson Education, Harlow, 2012., pp. 324-333
- [32] Görög Mihály: A projektvezetés mestersége; Aula, Budapest, 2003., pp. 123-129
- [33] Dr. Szabó Lajos: Projekt menedzsment; Pearson Education, Harlow, 2012., p. 26
- [34] Roger Atkinson: Project management: cost, time and quality, two best guesses and a phenomenon, its time to accept other success criteria; Elsevier Science Ltd., Amsterdam, 1999., p. 341
- [35] Dr. Szabó Lajos: Projekt menedzsment; Pearson Education, Harlow, 2012., p. 90-102
- [36] The Standish Group Report: Big Bang Boom; The Standish Group, International, 2012., p. 94
- [37] Információbiztonság – Túl az informatikán: <https://tulazinformatikan.wordpress.com/2012/02/08/a-kontroll-fogalma>, Letöltés: 2018. január 11.

Research of Extreme Weather Impact on Critical Infrastructure

Maria Luskova, Bohus Leitner, Eva Sventekova, Zdenek Dvorak, *

* Faculty of Security Engineering, University of Žilina, Slovakia

Maria.Luskova@fbi.uniza.sk, Bohus.Leitner@fbi.uniza.sk, eva.sventekova@fbi.uniza.sk
Zdenek.Dvorak@fbi.uniza.sk

Abstract — In recent decades the frequency of different extreme weather events, including heavy rainfall and flash floods, river floods, landslides, windstorms, freezing rain, wildfire and hurricanes, has increased and these have damaged many regions across Europe and worldwide. A lot of centuries old buildings have suddenly been demolished, power delivery has failed and transport has been disrupted. These events have great devastating impacts on critical infrastructure systems. Extreme weather events and their impact on critical infrastructure was a topic of the project RAIN - Risk Analysis of Infrastructure Networks in response to extreme weather solved from May 2014 to April 2017 within the FP7 Framework Programme, Call Fp7-SEC-2013-1. The aim of this paper is to present the scientific results of the RAIN project achieved by the project consortium, characterized by multidisciplinary partners, and led by coordinator from the Trinity College Dublin. The project had a core focus on Critical Land Transport infrastructure and Energy & Telecommunications infrastructures. The Faculty of Security Engineering, University of Zilina participated as leader of work package 3 Land Transport Vulnerability.

Keywords: FP7 project, security, critical infrastructure, research, education.

1 INTRODUCTION

In last years, a variety of extreme weather events, including droughts, extreme temperatures, forest fires, rain induced landslides, river floods, storms, hurricanes, have threatened and damaged many different regions across Europe and worldwide. According to data, collected since 1980 by the insurance industry, the number of weather-related catastrophes recorded worldwide increased from an annual average of 335 events from 1980 to 1989, to 545 events in the 1990s and to 716 events for 2002–2011. Floods, heat waves, droughts and wild fires show the most pronounced upward trend, followed by storms [1].

These events have a severe impact on society. They affect human lives, livelihoods, cause irreversible changes in the environment and have also a devastating impact on infrastructure systems. In this context, in the year 2012, the Faculty of Security Engineering of the Žilina University became a member of consortium that prepared and submitted FP7 project proposal titled Risk Analysis of Infrastructure Networks in response to extreme weather – RAIN. This project was submitted within the call of FP7-SEC-2013-1, topic SEC-2013.2.1-2: Impact of extreme weather on critical infrastructure. The RAIN project was approved by the Research Executive Agency of the European Commission for financial support from May

2014 to April 2017. The main objective of the RAIN was to provide an operational analysis framework that identifies critical infrastructure components impacted by extreme weather events and minimise the impact of these events on the EU infrastructure network.

The aim of this paper is to present the ways of exploitation of the RAIN project results in education of critical infrastructure protection professionals at the Faculty of Security Engineering, University of Žilina within the study programme “Security and Protection of Critical Infrastructure”. This study programme is unique in central Europe, is primarily focused on the fields of energy and transport, is multidisciplinary oriented and focusing on various types of infrastructure networks and based on the needs of practice.

2 FP7 PROJECT “RAIN” - OVERVIEW

The vision of the RAIN project was to provide an operational analysis framework that identifies critical infrastructure components impacted by extreme weather events and minimise the impact of these events on the EU infrastructure network. The project has a core focus on critical land transport infrastructure and Energy & Telecommunications infrastructures [2]. The results of the RAIN project were achieved based on the collaboration between fifteen organizations in eight countries (Ireland, Germany, the Netherlands, Spain, Finland, Italy, Belgium and Greece). The project coordinator Trinity College Dublin (TCD) coordinated the work of the European Sever Storms Laboratory (ESSL), University of Zilina in Zilina (UNIZA), Technische Universiteit Delft (TU-Delft), Gavin and Dehorty Geosolutions Ltd (GDG), Dragados SA (DSA), Freie Universitaet Berlin (FU-Berlin), Roughan & O’Donovan Ltd (ROD), Hellenberg International OY (HI), Instituto di Sociologia Internazionale di Gorizia (ISIG), Prak Security and Judgment (PSJ), the Finnish Meteorological Institute (Ilmatieteen Laitos, FMI), Youris.com (Youris), Independent Power Transmission Operator (IPTO) and Aplicaciones En Informatica Avanzada SL (AIA). The RAIN consortium is characterized by multi-disciplinary partners represented by meteorologists (FMI, FU-Berlin), climate researchers (ESSL), economists (TCD), energy specialists (IPTO & AIA), CI owners/operators (DSA), infrastructure risk analysts (TU-Delft & TCD), specialist engineering designers and planners (ROD and GDG), security and strategic response experts (UNIZA, PSJ, HI), social scientists (ISIG) and dissemination experts (YOURIS).

The project research activities were organised according to six technical work packages (WPs). WP2 focused on hazard identification, WP3 on land transport critical infrastructure and WP4 on energy & telecommunications systems. Development of the Risk Analysis framework, quantifying the risks and the benefits of providing resilient critical infrastructure, and developing mitigation strategies were covered in WP5, WP6 and WP7. Management and dissemination activities were realized within WP1 and WP8. Fig.1 indicates the WPs and the interaction and interdependencies between them.

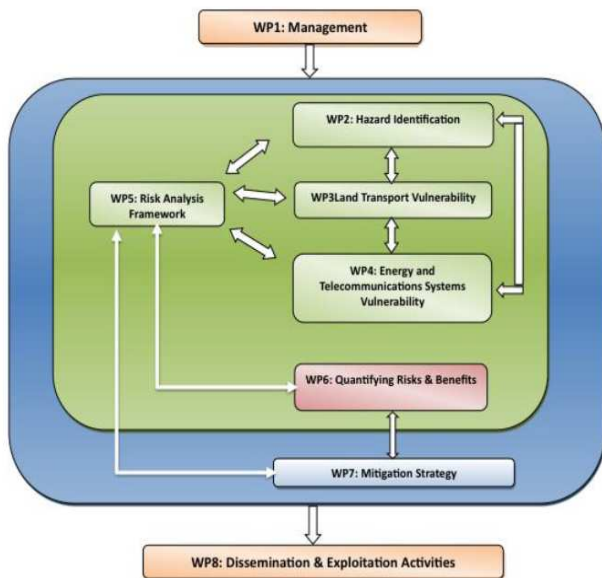


Fig.1: Work Plan Strategy [2]

3 RESULTS OF THE RAIN PROJECT

The principal objective of the RAIN (Risk Analysis of Infrastructure Networks in response to extreme weather) project, www.rain-project.eu, was to provide an operational analysis framework to minimize the impact of major weather events on land based transportation and energy and telecommunication) critical infrastructure in the EU. A holistic risk-based decision making framework was developed to establish the key components of these infrastructure networks and to assess their sensitivity to extreme weather event as well as to facilitate identification of the impact of alternative mitigation measures [2].

The main results of the project have been broken down into the technical work packages and can be briefly characterized as following chapters.

3.1 The results of the WP2 Hazard Identification

R-2.1 Definition and description of natural hazards. Within the project the following individual hazards were studied: winter weather (e.g. snowfalls, blizzards, snow load, and freezing rain); wildfires; river floods and coastal floods; thunderstorm-related phenomena (e.g. large hail, severe wind gusts, tornadoes and lightning); wind storms and heavy precipitation.

R-2.2 Description of potential ways that they have impacted or may impact critical infrastructure, and establishing 1st and 2nd thresholds. The 1st threshold means that some adverse impacts are expected, their severity depends on the resilience of the system and transportation is mainly affected. The 2nd threshold

means that the weather phenomena are so severe that is likely that adverse impact will occur and CI system is seriously impacted.

R-2.3 The impacts and consequences related to exceeding a particular threshold vary across Europe (Fig.2) and depend on the resilience of the systems.

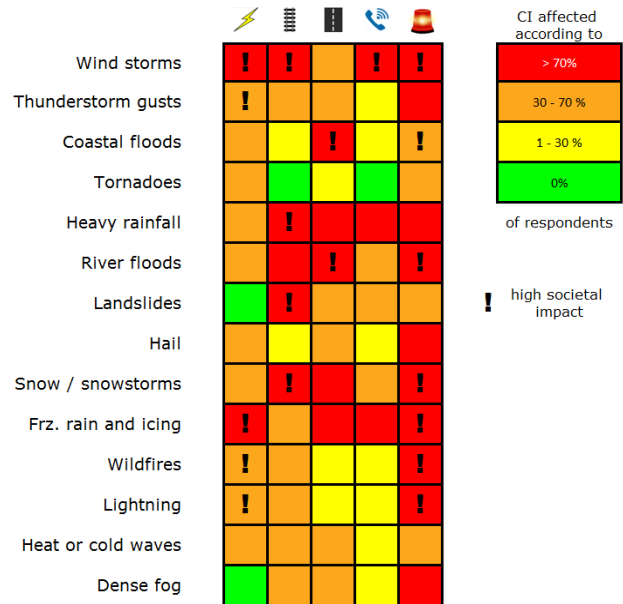


Fig.2 Vulnerability of various categories of Critical Infrastructure to various weather hazards, according to the stakeholder interviews [3]

R-2.4 Review of state-of-the-art early warning systems along with an assessment of the predictive skill of these systems.

R-2.5 Modelling probability of occurrence of the extreme events in the present and projections of changes of severe weather probability in the future.

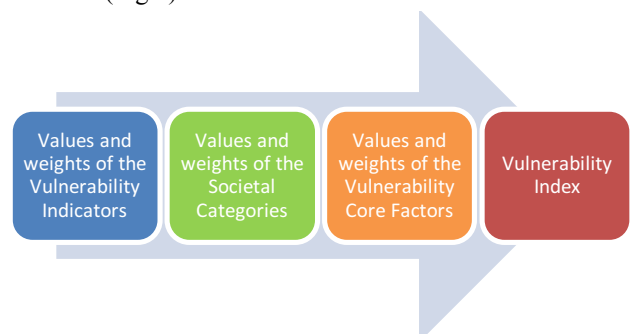
3.2 The results of the WP3 Land Transport Vulnerability

R-3.1 The methodology for identification of critical land transport infrastructure and a review of its failures as a result of extreme weather events.

R-3.2 Two case studies describing destruction impacts of extreme weather events on critical land transport infrastructure in Slovakia and in Finland.

R-3.3 The current methods and best practices that relate to the preparedness and response to the serious impacts of extreme weather on critical land transport infrastructure and their analysis for specific problems

R-3.4 Methodology for measuring societal vulnerability due to failure of critical land transport infrastructure elements (Fig.3).



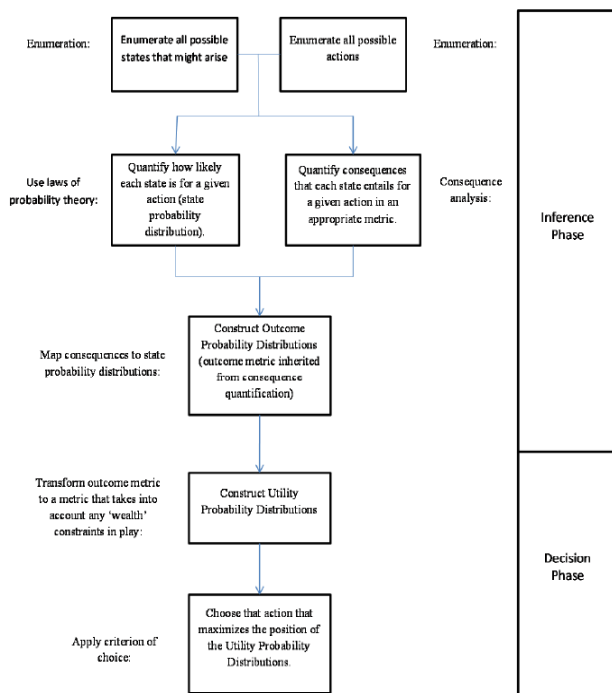


Fig.5 Quantitative Risk Based Decision Analysis [4]

3.6 The results of the WP7 Mitigation Strategies

R-7.1 Technical engineering solutions to increase the resilience of infrastructure to the effect of extreme climate events.

R-7.2 Technical Impact Matrices developed as a method for assessing the advantages and disadvantages of various maintenance strategies for reducing the impact of extreme events on infrastructure systems (Fig. 7).

R-7.3 Pre-standardisation Document & Review of Crisis Coordination and Response Arrangements in the European Union which assesses the latest developments of the EU crisis coordination and decision-making arrangements and gives recommendations on how EU policies and infrastructure protection guidelines could be improved.

R-7.4 Summary of the effects of climate hazards on European infrastructure and presentation of mitigation procedures, and adaptation and coping with potential impacts to alleviate the impact on citizens.



Fig.6 Case Study Areas [6]

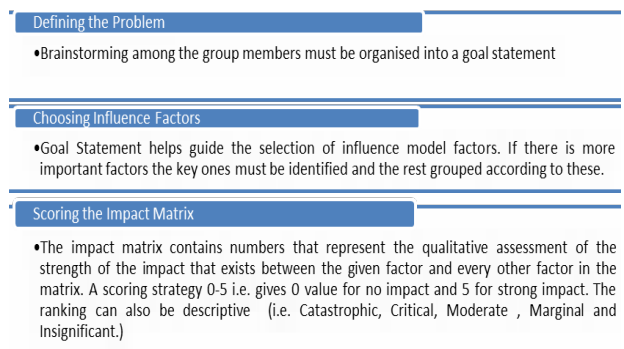


Fig.7 Methodology for Technical Impact Matrix [6]

4 EXPLOITATION OF THE RAIN PROJECT RESULTS IN EDUCATION OF THE INFRASTRUCTURE PROTECTION PROFESSIONALS ON THE FSE UNIZA

Linking research projects to education has a significant impact on the quality of graduates in each study program. From the results of the project, achieved in the context of the work packages, a lot of deliverables in the form of research reports and practical case studies can be used.

In 2015 the Accreditation Commission confirmed the Faculty of Security Engineering, University of Žilina accreditation for bachelor and engineer degree programmes that focus on the field of security and protection of critical infrastructure. The study programme „Security and protection of critical infrastructure“ (thereinafter SPCI) is primarily focused on the main ECI

fields – energy a transport, is multidisciplinary oriented, is focusing on various types of infrastructure networks and is based on the needs of practice. To demonstrate the contents of the study programme we only provide a selection of the most important courses for our full-time bachelor’s degree students and full-time engineer’s degree students in the study program SPCI.

Among the most important courses in the bachelor studies we rank:

- **general courses** e.g. Mathematics; Engineering geometry; Physics; Economics; Informatics; Logistics; Occupational safety and health; Technical drawing; Management; Basic of mechanics; Operational research; Managerial Statistics and others.
- **profiling courses**, e.g. Energy infrastructure; Transport infrastructure; Protection of critical infrastructure; Nuclear, chemical and biological protection; Protection of people and property; Production equipment and technologies in power engineering; Risk management; Civil protection; Crisis management; Topography, Cartography and Geographic information systems; Transport equipment and technologies; Protection of critical infrastructure objects in sectors energy and transport; Dangerous substances and articles and others.

Graduates of the bachelor degree study program Security and protection of critical infrastructure are qualified experts on the state administration and municipality, manufacturing and non-manufacturing corporate entities that operate in the field of security service. They are able to analyse basic problems and processes in security services. They can apply the appropriate system approach when identifying threats, analysing risks and designing (or proposing) practices to minimize them, when managing the removal of consequences of critical phenomena. They can use information and communication technologies, general tools of crisis and security management and analyse data obtained by monitoring the risk-bearing factors. By gaining the wide range of theoretical and practical knowledge, they find employment in lower managerial functions of critical infrastructure operators.

Among the most important courses in the engineer studies we rank:

- **general courses**, e.g. Stochastic Models of Operational research; Managerial Information Systems; Risks of industrial processes; Managerial Methods and Techniques; Psychology; Forecasting and planning and others.
- **profile subjects**, e.g. Transport in crisis situations; Protection of critical infrastructure objects; Crisis management; Building and transport structures; Protection against terrorism; Planning of critical infrastructure protection; Controlling and information systems of critical infrastructure; Risk management of critical infrastructure; Project of CI element protection and others.

Graduates of the master degree study program can identify threats and sources of risks in social, economic, natural, technical and technological processes. They are able to analyse, evaluate and design (propose) practices with the use of methods and techniques to minimize the risks. They have good knowledge of the theory of protection of critical infrastructure with the emphasis on energetics and transport. They are able to design and implement preventive actions, monitor and analyse the development of risk-bearing and crisis factors and prepare

an adequate response. As a result, they can manage a continuity of operation of the critical infrastructure and renew systems effectively in the ex post phase. The complete curriculum for both levels of study programme SPCI is available on website [7].

The main advantage and a specific feature of the study programme especially is the intersection of knowledge and skills from the fields of crisis and security management [8]. The graduate’s knowledge and skills are focused on risk management, security management and ways of securing protection of important structures [9].

The RAIN project has successfully achieved the main objective in the form of developed a risk-based decision making framework for facilitating risk assessment of Critical infrastructure elements against extreme weather events and decisions on the mitigation measures for CI protection. Incorporating RAIN project results into the curriculum contributes to the better specification and innovation of the content of the more profile courses, e.g. Energy infrastructure, Transport infrastructure, Civil protection, Protection of critical infrastructure objects in the energy and transport sector, Protection of people and property, Transport in crisis situations, Crisis management, Planning of critical infrastructure protection, Controlling and information systems of critical infrastructure, Risk management of critical infrastructure, Project of CI element protection and others.

The overview of the planned use of the results of the RAIN project within the selected profiling courses of the study program is given in Tab.1.

Tab.1. RAIN project results use in courses

	Profiling course	Possible use of the results
Bachelor degree	Energy infrastructure	R2.1 – 2.5, R4.1 – 4.7,
	Transport infrastructure	R2.1 – 2.5, R3.1 – 3.4
	Protection of critical infrastructure Protection of people and property	R5.1 – 5.2, R6.1 – 6.2, R6.1 – 6.2,
	Production equipment and technologies in power engineering Risk management	R4.1 – 4.7, R7.1 – 7.4 R2.1 – 2.5, R6.1 – 6.2,
	Protection of critical infrastructure objects in sectors energy and transport	R2.1 – 2.5; R3.1 - 3.4, R4.1– 4.7, R 6.1 - 6.2
Master degree	Transport in crisis situations	R 2.1 – 2.5, R 3.1 - 3.4; R 7.1 – 7.4,
	Protection of critical infrastructure objects:	R 6.1 – 6.2, R 7.1 – 7.4
	Planning of critical infrastructure protection	R 2.1 - 2.5, R 6.2,
	Controlling and information systems of critical infrastructure	R 7.1 – R 7.4 R 5.1 – 5.2,
	Risk management of critical infrastructure	R 5.1 – 5.2, R 6.1 – 6.2,
	Project of CI element protection	R 3.1 - 3.4, R 4.1 – 4.7, R 6.1 – 6.2, R 7.1 – R 7.4

The project results contribute to the state-of-the-art on the field of Critical Infrastructure Protection and, overall, they constitute a consistent methodological approach to the management of infrastructure networks in response to the extreme weather events.

The project solution was completed on 4/2017, so only results from the first phase of the project solution have been gradually integrated into the content of the courses by now. The ambition of the authors, as members of the project consortium, is the successive implementation of more key project results into the education process. A great deal of the innovative ideas and achieved results of the RAIN project have been gradually including into the lectures for the students studying at the University of Žilina, Faculty of Security Engineering, Security and Protection of Critical Infrastructure Study program. In this way the students have opportunity to obtain access to the knowledge produced by highly experienced multidisciplinary team formed by researchers from the eight EU countries. They can become acquainted with a lot of innovative outputs promoted with examples of applications highlighting their potential of use in their future employment. From the survey conducted with CI operators and weather services they can obtain the understanding on the needs of CI operators and managers, their preparedness, vulnerability of the system and the actions taken in order to reduce the risks, from various parts of the EU.

5 CONCLUSIONS

Security of infrastructures and utilities was a part of security research activities of the FP7 Security Research. In this context the Faculty of Security Engineering of the Žilina University became a member of consortium that prepared and solved project titled Risk Analysis of Infrastructure Networks in response to extreme weather – RAIN. The topic of this project was impact of extreme weather events on critical land transport and energy & telecommunications infrastructures. The aim of this paper is to present the ways of exploitation of the RAIN project results in education of critical infrastructure protection professionals at the Faculty of Security Engineering, University of Žilina within the study programme “Security and Protection of Critical Infrastructure”.

Exploitation of RAIN Project Results in education of Critical Infrastructure Protection professionals at the University of Žilina confirms the fact that linking research and education is a basic condition for the best academic institutions, where publishing innovative ideas and producing successful, well-informed students are key objectives.

ACKNOWLEDGEMENT

This paper was supported by the European Union within the FP7 project No. 608166 “Risk Analysis of Infrastructure Networks in response to extreme weather” and by VEGA grant No. 1/0240/15 “Process model of critical infrastructure safety and protection in the transport sector”.

REFERENCES

[1] EASAC, Trends in extreme weather events in Europe. Halle/Germany: German National Academy of Sciences Leopoldina 2013

- [2] A. O'Connor, RAIN project, Grant agreement no: 608166, 2013. Retrieved from <http://rain-project.eu/>
- [3] A. O'Connor, W. Brazil, Mid Term Report: 1st Periodic Report, RAIN 2015.
- [4] P. van Gelder et al, D5.5 RAIN Workflow Integration.TU Delft: Netherlands 2016. Retrieved from <http://rain-project.eu/>
- [5] RAIN project. Software tool: Retrieved from (<https://www.youtube.com/watch?v=gM6Ugu0Fjo8&feature=youtu.be&list=PLPB16rsXvRsCxbg-QMYoYsAdlrya92joZ>)
- [6] A. O'Connor, Final Report Part A: Publishable Summary, RAIN Final Report, 2017.
- [7] Faculty of Security Engineering, University of Žilina. Study Plans for Study Programme "Security and Protection of CI". 2017. (in Slovak). Retrieved from <http://fbi.uniza.sk/ktvi/>
- [8] T. Lovecek et al, Currently required competencies of crisis and security managers and new tool for their acquirement The eSEC portal. ICETA 2015 Proceedings, Starý Smokovec, Slovakia, 2015.
- [9] M. Luskova, B. Leitner, "Critical Infrastructure Protection in Higher Education in Slovakia", INTED 2017-11th annual International Technology, Education and Development Conference Proceedings, Valencia, Spain 2017.

Security Assessment with Kali Linux

Petar Čisar*, Sanja Maravić Čisar**, Igor Fürstner***

*Academy of Criminalistic and Police Studies, Belgrade, Serbia,

**Subotica Tech, Subotica, Serbia,

***ÓBUDA UNIVERSITY, Donát Bánki Faculty of Mechanical and Safety Engineering, Budapest, Hungary,
petar.cisar@kpa.edu.rs, sanjam@vts.su.ac.rs, furstner.igor@bgk.uni-obuda.hu

Abstract — This paper discusses the assessment of information system security. When referring to the security of an information system, the authors focus on three major features of the system: confidentiality, integrity and availability. Diverse methods are used to identify existing security weaknesses and security assessment, including the Kali Linux operating system. This work offers a wide-ranging overview of possible uses, benefits and drawbacks. The greatest advantage of implementing this operating system is the considerable collection of various tools for vulnerability assessment and penetration testing, mainly intended for ethical hacking. Further, the paper outlines which present forms of vulnerabilities are best identified by Kali.

Keywords: Kali Linux; information security assessment; vulnerability; penetration test, ethical hacking

1 INTRODUCTION

The roles that various organizations in information security (vendors, coordinators, researchers, users) play are numerous, including motivations, priorities, resources etc. When referring to the security of an information system, the authors focus on the three main features of the system: confidentiality, integrity and availability. These days it is the task of IT experts to identify and evaluate vulnerabilities across the range through a great number of specific hardware and software configurations. Further, they ought to regulate these vulnerabilities and repair the ones that pose the most serious danger. The most important challenge is to generate applicable, actionable information in a given case of enormous vulnerability data. In this setting, vulnerability refers to a weakness in the design, implementation, use and management of an information system.

In an attempt to assess the security needs of a given organization, so as to efficiently counter cybercrime and select different security products, policies, procedures and decisions, it is necessary to define requirements and categorization of approaches that satisfy these criteria in a systematic way. Three aspects of information security need to be examined:

- Attack – Any action risking the security of information. Attack is the basic form of cybercrime.
- Security mechanism – The mechanism devised to identify, prevent or recover from a security attack.
- Security service – Service that improves the security system for the processing and transfer of data. Security service implies using one or more security mechanisms.

Identification of existing security weaknesses and security assessment may happen in various ways, including the use of the Kali Linux operating system. This paper outlines its capabilities, its benefits and drawbacks.

2 INFORMATION SECURITY ASSESSMENTS

Commonly, there are four main categories (or phases) of information security assessment [1]: a vulnerability assessment, a compliance (audit) test, a traditional internal/external penetration test, and an application assessment.

Vulnerability assessment: A vulnerability assessment (scan) is a technical assessment designed to yield as many vulnerabilities as possible in an environment, along with severity and remediation priority information.

Penetration test: A penetration test is an attack on a computer system, network or Web application to find vulnerabilities that an attacker could exploit with the intention of finding security weaknesses, potentially gaining access to it, its functionality and sensitive data. The output is a report which states the goals as either achieved or not, it also includes other observations made in the process. These penetration tests fail to offer a full list of vulnerabilities and they do not prioritize what was detected. They can be automated with software applications or can be performed manually. Penetration tests are sometimes termed “white hat” attacks due to the fact that in a pen test, the break-in is performed by the ‘good guys’. In slang, the term “white hat” identifies an ethical hacker, or a computer security expert, whose field of specialty is penetration testing and various testing methodologies so as to safeguard the security of an organization's information systems.

Application assessment: An application assessment (usually white- or black-box testing) is used to assess the functionality and resilience of an application to determine security threats including (but not limited to) buffer overflows, cross site scripting (XSS), cross site request forgery, unsuitable data sanitization, injection attacks (for instance, SQL Injection) and weak authentication. This assessment evaluates all components of an application infrastructure, including the form of each component's deployment and form of communication with both the client and server environments. Experts use a group of commercial and open-source tools to perform this assessment as well as run manual testing. Application credentials may be required for a more encompassing review of a particular application to be conducted. Normally, the review of some host and network security practices is part of an application vulnerability assessment. Among the applications that may be assessed in this

manner are the following: Web applications, compiled desktop applications and mobile applications.

Compliance (audit) test: The task of audits is to determine how a given organization measures against a particular standard. As a general rule, audits do not test security directly, but rather test compliance with a standard. It is possible for the standard, which is tested

against, to have a strong or weak link to actual security, while this should not be confused with a vulnerability assessment or penetration test. The output of an audit is a list of areas, which, if compliance is to be achieved, need to be fixed.

The figure below summarizes all the phases described previously, as well as their corresponding activities.

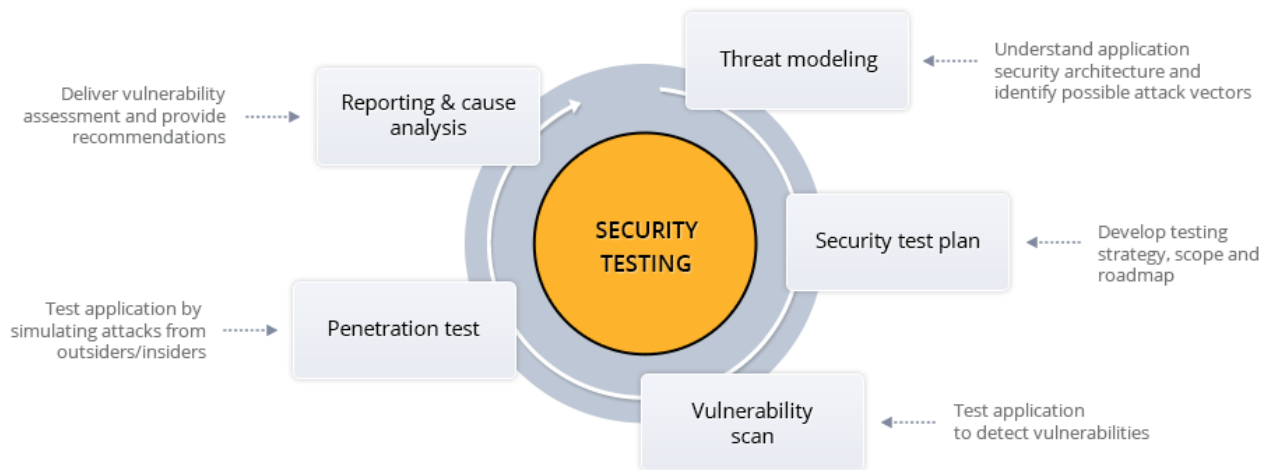


Fig. 1. Phases of security testing

The main difference between vulnerability assessment and penetration testing lies in the fact that the flaws that exist in the system are indentified by the vulnerability assessments without their impact measured. Conversely, the penetration testing makes headway and exploits these vulnerabilities in order to evaluate their consequences.

Among the most widespread vulnerability classes (attacks) are [1]: denial-of-service (DoS; breaks the behavior of an application rendering it inaccessible), memory corruption (e.g. buffer overflow; leading to manipulation of process memory, thereby frequently enabling an attacker code execution), Web vulnerabilities (which attack web services using techniques like SQL injection and XSS), password attacks (attacks against the authentication system; often leverage password lists to attack service credentials) and client-side attacks.

3 PENETRATION TESTING METHODOLOGY

Penetration testing methodology and standards are vital for the success of this ethical hacking technique, helping security professionals asses information security measures.

The penetration testing process involves the following:

- planning and preparation
- collecting information about the target prior to the test (reconnaissance)
- vulnerability detection - possible entry points identification (port scanning)
- penetration attempt - trying for a break-in (either virtually or for real)
- analysis and reporting

Formulating these differently (in fact, more informally), the steps of the penetration test are as follows:

- Establish the goal
- Information gathering
 - Reconnaissance
 - Discovery (port scanning, vulnerability scanning)
- Vulnerability analysis
 - Taking control (exploitation, brute forcing, social engineering)
 - Pivoting
- Reporting
 - Evidence collection
 - Risk analysis
 - Remediation

While one can find many security testing methodologies, there are few that provide stepwise, consistent instructions on measuring the security of a system or application. Five of the most famous open source security assessment methodologies are [2]:

- Open Source Security Testing Methodology Manual (OSSTMM),
- Information Systems Security Assessment Framework (ISSAF),
- Open Web Application Security Project (OWASP),
- Penetration Testing Execution Standard (PTES),
- Web Application Security Consortium Threat Classification (WASC-TC).

For instance, the Web Application Penetration Testing Methodology based on OWASP consists of 12 subcategories [3]:

1. Introduction and Objectives
2. Information Gathering

3. Configuration and Deploy Management Testing
4. Identity Management Testing
5. Authentication Testing
6. Authorization Testing
7. Session Management Testing
8. Data Validation Testing
9. Error Handling

10. Cryptography
11. Business Logic Testing
12. Client Side Testing.

The figure below graphically presents the general testing methodology.

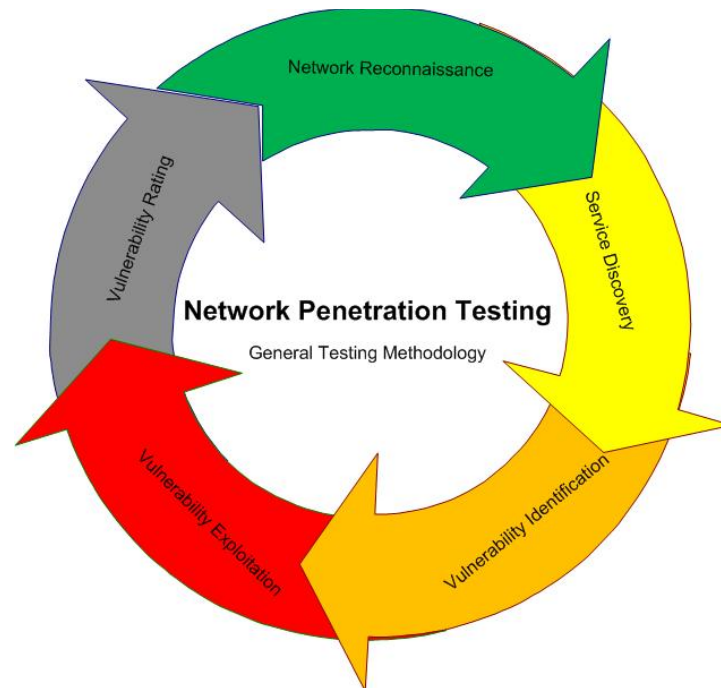


Fig. 2. General testing methodology

4 PENETRATION TESTING TOOLS AVAILABLE IN KALI LINUX

Kali Linux is a Debian-based Linux distribution aimed at advanced penetration testing and security auditing. Kali includes hundreds of tools tailored to perform a number of information security tasks, including penetration testing, security research, computer forensics and reverse engineering.

There are several ways to run Kali Linux, either from a hard disk, live CD, or live USB. It is a supported platform of the Metasploit Project's Metasploit Framework, a tool for developing and executing security exploits. Kali Linux was released in 2013 as a complete rebuild of BackTrack Linux, completely keeping to Debian development standards.

Tools integrated in Kali can be classed as follows [4]: Information gathering,

- Vulnerability analysis,
- Wireless attacks,
- Web applications,
- Exploitation tools,
- Forensics tools,
- Stress testing,
- Sniffing and spoofing,

- Password attacks,
- Maintaining attacks,
- Reverse engineering,
- Hardware hacking and Reporting tools (Fig. 3).

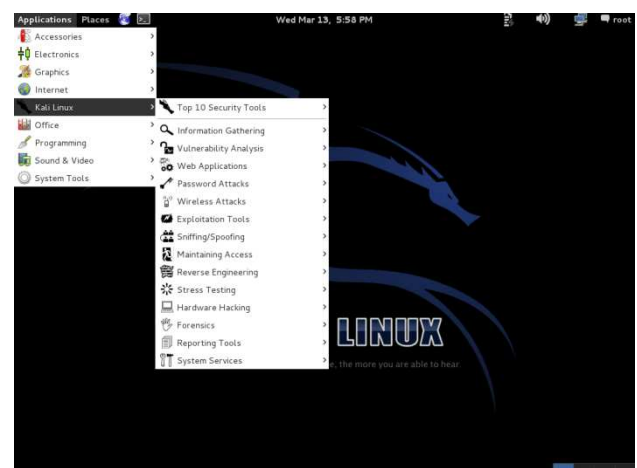


Fig. 3. Kali Linux integrated tools

Kali Linux is preinstalled with a great many popular penetration testing tools, including: Nmap (port scanner),

Wireshark (packet analyzer), John The Ripper (password cracker), Aircrack-ng (software suite for penetration testing wireless LANs), Nikto (web server scanner), Sqlmap (tool for identifying and exploiting SQL injection flaws and taking over of database servers), Owasp-zap (discovering vulnerabilities in web applications), Metasploit Framework (exploitation), among others.

5 BENEFITS AND DRAWBACKS OF KALI LINUX

Kali Linux has benefits and drawbacks, like any other Linux distribution. The user profile will determine the choice (pen-tester/simple user/developer). Kali is a Linux distribution specifically aimed at professional penetration testers and security specialists, and considering its unique nature, this distribution is not recommended for users who are not familiar with Linux or those searching for a general-purpose Linux desktop distribution for development, web design, gaming, etc.

The advantages of implementing Kali Linux [5]:

Advanced penetration testing tools - Kali Linux has upward of 600 advanced penetration testing tools incorporated. The tools of BackTrack Linux, which fall short of the mark or repeated countless times, have been replaced in the Kali Linux system with the advanced penetration testing tools.

Ultimate free Linux tool - The Kali Linux system is completely free like the BackTrack Linux and offers their users the free life time services. This is a significant plus factor encouraging people to opt for this system.

Open sourced Git tree - This Kali Linux is open source system and is readily accessible to the users. All the codes in the Kali Linux are easily visible for any users and the open development tree also enables users to check the development of coding at every step.

FHS support - Kali observes the FHS (File-system Hierarchy Standard), offering Linux users easy access to binaries, support files, libraries, etc. This key feature distinguishes Kali Linux from other Linux systems.

However, Kali Linux also has drawbacks that must be mentioned [5]:

1. There are countless users still not familiar with Linux, but 'Windows minded' instead. One way of

surmounting this disadvantage is by offering trainings or education so that users become familiar with Linux.

2. Support hardware from certain vendors that do not perform well on Linux.

3. The installation software/applications are more complicated than in Windows. Installing software on Linux will become easier when connected to the internet or if have a CD / DVD.

4. System administrators new to Unix-like systems (such as Linux) will predictably have to familiarize themselves with these.

6 CONCLUSIONS

Kali Linux is a significant step of progress, the output of ceaseless upgrading of distribution. Also, it has a novel appearance, new features, tools, and workflow. In comparison with BackTrack, its predecessor, Kali feels somewhat more comprehensive, more stout, despite the fact that both distributions have the same focus and balance on normal, every-day usability, and forensics. Moreover, it ensures hacking and analysis tools that may not only enable users to audit and save their environment but, apart from that, also learn a considerable amount about the network stack and command line utilization.

REFERENCES

- [1] Hertzog, R., O'Gorman, J., & Aharoni, M. (2017). *Kali Linux Revealed*, Offsec Press, 283-284.
- [2] Allen, L., Heriyanto, T., & Ali, S. (2014). *Kali Linux - Assuring Security by Penetration Testing*, Packt Publishing, 54-64.
- [3] Meucci, M., & Muller, A. (2014). *Testing Guide 4.0. OWASP, Web Application Penetration Testing*, <https://www.owasp.org/images/1/19/OTGv4.pdf>
- [4] Kali Linux Tools Listing, <https://tools.kali.org/tools-listing>
- [5] Quora, <https://www.quora.com>
- [6] Official Kali Linux Documentation. (2014)., <https://docs.kali.org/pdf/kali-book-en.pdf>
- [7] Offensive Security: Penetration Testing With Kali Linux, <https://www.offensive-security.com/documentation/penetration-testing-with-kali.pdf>
- [8] Pritchett, W., & De Smet, D (2013). *Kali Linux Cookbook*. Packt Publishing.

Forgácsolólapkák hatékonysági vizsgálatának új módszere

A new method for analysing the efficiency of cutting inserts

dr. Sipos Sándor

Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépészmérnöki Kar, Budapest, Magyarország
sipos.sandor@bkg.uni-obuda.hu

Összefoglalás

Az esztergáló-, fúró- és marólapkák üzemi teljesítőképessége és gazdasági hatékonysága a forgácsolóképeség fogalmával írható le. Ez a komplex fogalom több fő és kiegészítő jellemzőből tevődik össze, ezért egyetlen mérőszámmal nem lehet leírni. A cikk az esztergalapok teljesítőképességének mérésére és összehasonlítására szolgáló olyan új módszert ismertet, amely egyetlen mérőszámmal jellemzi a négy legfontosabb kiegészítő jellemzőt, és lehetővé teszi a szerszám optimális felhasználásának körülményeinek kiválasztását. Az eljárás rövid ideig tartó műszeres vizsgálatokra épül, így nem igényel tetemes anyag- és költségráfordítást. A másik mutató a komplex hatékonyság, amely egyetlen számadattal fejezi ki a lapkák sokoldalú minőségét. A felhasználhatóság eltérő mértékét súlyszámokkal adjuk meg, így definiáljuk a korrigált komplex hatékonyság fogalmát. Ennek segítségével össze lehet hasonlítani a különböző élkialakítású szerszámokat, sőt az innovációs lapkafejlesztés eredményességét is. A kidolgozott eljárást már több vezető gyártó cég különböző rendeltetésű, kialakítású és anyagú szerszámánál alkalmaztuk eredményesen.

Kulcsszavak: forgácsolóképeség, lapkaminősítés, innováció eredményesség mérése, komplex hatékonysági mutató

Abstract

The operational productivity and the economic efficiency of turning, drilling and milling inserts can be expressed by cutting performance. This complex definition is composed of several main and supplementary features, therefore it is not possible to characterise it by only one indicator. In the present article a new method will be introduced, being able to measure and compare the productive efficiency of turning inserts: the four most important features will be summarised in one indicator. The procedure has a low time requirement, it is built on instrumental investigations, so it does not require great financial and material expenses, it makes possible to use the tools in an optimal way, according to the four aspects, investigated by us, and to qualify the inserts in many ways. The so called complex efficiency indicator serves to measure the effectiveness of innovation, too. The procedure, developed by us, has already been used successfully in case of tools, produced by leading companies and having different functions, design and material.

Keywords: cutting performance, insert qualification, effectiveness of innovation, complex indicator of efficiency

1 BEVEZETÉS

A forgácsolás területén manapság a szerelt kivitelű szerszámok egyre újabb változatai jelennek meg. A gyártók késtartókba, fúrotestekbe és marófejekbe rögzítik a feladathoz optimalizált forgácsolóelemeket, a lapkákat. Bár az üzemszerűen alkalmazható alakvariációk száma korlátozott, azonban szerfelett nagy a különböző körülmények között felhasználható forgácsoló és élkialakítások száma. Az esztergáló, fúró és marólapkák üzemi teljesítőképességét és gazdasági hatékonyságát leginkább a forgácsolóképeség fogalma írja le. Ez a megnevezés a szerszám (élgeometriájának és/vagy anyagának) olyan komplex jellemzője, amely forgácsolás közbeni viselkedésének (kopás, éltartam, erőhatások, a keletkező forgács alakja stb.), valamint a megmunkált darab forgácsolással elért minőségének (hullámosság, érdesség) megítélésére és minősítésére szolgál. A *megítélés* mindig gyakorlati tapasztalatokra épül, szavakkal leírható (azaz kvantitatív jellegű) jellemzést ad. Például kedvező viselkedésűnek tarjuk azt a lapkát, amely jól törí a forgácsot, a kopása pedig kicsiny. A *minősítés* elsősorban műszeres mérésekre támaszkodik, amely a beállított adatkombinációktól függő mérések eredményeivel, azaz kvalitatív módon jellemzi a vizsgált eszköz teljesítőképességét [1, 2].

Az alábbi cikk az esztergalapok forgácsolóképeségének mérésére és összehasonlítására szolgáló módszert ismerteti. Az eljárás rövid időigényű vizsgálatokra épül, ezért nem igényel tetemes anyag-, eszköz- és költségráfordítást. A kidolgozott eljárást már több világhírű szerszámgyártó cég különböző rendeltetésű, kialakítású és anyagú szerszámánál [3-6] alkalmaztuk eredményesen.

2 A FORGÁCSOLHATÓSÁG ÉS A FORGÁCSOLÓKÉPESSÉG

A technológiában járatos szakemberek körében ismert fogalompár a forgácsolhatóság és a forgácsolóképeség. Az előbbi a munkadarab anyagát *három* eltérő szempontrendszer alapján jellemzi. Az első a munkadarab *vegyi összetételét* adja meg: a fő és segédötvtözők százalékos arányára, továbbá a forgácsolhatóságot pozitívan befolyásoló, nemfemes anyagú (pl. Pb, S, Ca, Se, Te stb.) ötvözők mértékére

vonatkozik. A vegyi összetétel meghatározza az adott anyag lehetséges mikroszerkezetét. Ide értjük természetesen azokat a nem kívánt ötvözőket, amelyek a szennyezőként (pl. S, O, Si) kerülnek az anyagba. A második szempontrendszer a munkadarab *állapotára* utal: az előállítás (előgyártás) módszere, az anyag (előzetes) hőkezeltsége és szövetszerkezete stb. Ide sorolható továbbá az öntött, kovácsolt előgyártmány kérges szerkezetének (az alapszerkezethez képest) eltérő megmunkálhatósága is. A harmadik szempontrendszert a munkadarab *anyagjellemzői* alkotják. Ezek kiterjednek a szóban forgó anyagminőség mechanikai (pl. alacsony és magas hőmérsékletre vonatkozó szilárdság, sűrűség stb.), hőfizikai (pl. fahő, hővezetési és hőelnyelési mutatók stb.), valamint fémfizikai (pl. szövetszerkezet, a kemény fázisok aránya és mikrokeménysége, makrokeménység, felkeményedési hajlam, kritikus hőmérséklet stb.) tulajdonságaira [7].

A munkadarab anyagjellemzői közül az alábbi tényezők gyakorolják a legnagyobb hatást a szerszámra:

- A munkadarab anyagának *alapkeménysége* (szoros összefüggésben van a szilárdsággal) jelentősen befolyásolja a fellépő forgácsolóerőt, a forgácsolás közben keletkező hőmérsékletet és meghatározza a szerszámél közvetlen környezetének mechanikai és hőfizikai terhelését.
- A jó *alakíthatóság* (nagy nyúlás) a szívóssággal függ össze. Néhány ötvöző (Cr, Mo, Ni, W) a szívósságot fokozza, néhány elem esetén (Cr, Ni) azonban ez együtt jár az *adhéziós* (feltapadásra való) hajlammal, ez pedig az élrátétképződés kialakulásának kiinduló feltétele lehet.
- A többfázisú anyagok kemény fázisai (pl. hipereutektikus alumíniumötvözetben a nagy keménységű primér szilícium kristályok jelenléte stb.) fokozottan *abrazív* hatásúak, ezért intenzív szerszámkopást idézhetnek elő.
- Néhány ötvözőelem (Cr, Ni stb.) jelenléte a munkadarabban *felkeményedést* vált ki forgácsolás közben. Ha a megmunkálandó felületről több fogással választjuk le a ráhagyást, az egyes rétegek keménysége egyre fokozódik.
- A munkadarab *hőfizikai tulajdonságait* ötvözőelemekkel lehet befolyásolni, ami meghatározza meg például azt, a forgácsoláskor keletkező (hő)energia hány százaléka jut a munkadarabba és a forgácsba, illetve milyen arányt képvisel a szerszámot károsító hányada.

Az utóbbi évtizedekben olyan újszerű anyagok sora jelent meg (ADI - ausztemperált képlékeny öntöttvas, CGI – kompakt grafitos öntöttvas, duplex korrózióálló acélok, a gázturbinagyártás nikkal - és kobaltbázisú hőálló (HRSA) ötvözetek, AMC - alumíniumbázisú kompozitok, AMFS – alumíniumalapú szintaktikus kompozit-fémhabok stb.), amelyek gazdaságos forgácsolása igazi kihívást jelent a szerszámgyártóknak. A nagyon rossz forgácsolhatóságot tehát a szerszámok megnövelt forgácsolóképeségével kell ellensúlyozni.

A forgácsolóképeség a különböző kialakítású, geometriájú és anyagú (szubsztrátum+bevonat)

szerszámok hatékonyságának fokmérője, amelynek *legfőbb jellemzője* az éltartam (a hozzá tartozó kopásgörbével és az azt leíró kopásmodellel). Ennek ismerete nélkül sem a gyártási (műveleti) költséget, sem pedig a termelékenységet (például darab/óra mértékegységben) nem lehet kiszámítani, elemezni vagy összehasonlítani. Egy adott alkalmazásra történő meghatározása azonban igen nagy anyag- és költségráfordítást igényel, érvényessége pedig nagyban függ a konkrét gyártási körülményektől (munkadarab összetétele, állapota és keménysége, gépállapot stb.).

A forgácsolóképeség *kiegészítő jellemzőihez* több tényező is tartozik: a forgácsolással létrehozott anyagáram (más szóval anyagleválasztási sebesség), a forgácsolási hőmérséklet, a forgácsoló erőkomponensek és a teljesítményigény, a forgács alakja és mérete, valamint a megmunkálással létrehozott felület mikrogeometriája (hullámosság, érdesség) és rétegtulajdonságai. A felsorolt kiegészítő jellemzők némelyike csak bonyolult műszerekkel mérhető meg (pl. a hőmérséklet szárazon végzett forgácsolásnál), vagy a gyártott darab károsodásával jár (pl. szövetszerkezet, mikrokeménység-változás, maradófeszültség eloszlás stb.).

3 FORGÁCSOLÓLAPKÁK HATÉKONYSÁGÁNAK VIZSGÁLATA

Az egyes lapkák minősítésére kidolgozott mérőszám körülbelül két évtized kutatási és gyakorlati tapasztalatát összegzi. A kidolgozott módszer lényege, hogy egy lapka teljesítőképességét összesen négyféle kiegészítő jellemző kiválasztásával határozzuk meg. Olyan fontos tényezőket veszünk figyelembe, amelyek egyrészt könnyen számíthatóak és megfigyelhetőek, másrészt viszonylag egyszerűen mérhetőek. Az eljárás előnye az is, hogy anyag, eszköz és költségkímélő, tehát *rövid* időigényű használat közben történik az eszköz tesztelése. Mindez kilencféle beállítást igényel, és mindössze kb. 150...200 mm hossz esztergálását jelenti.

A forgácsolóképeség tehát egy olyan komplex fogalom, amelyet *lehetetlen egyetlen* mérőszámmal kifejezni. Ha viszont egy gyakorló szakembert megkérdeznénk arról, hogy mi jellemzi a jól dolgozó szerszámokat, akkor valószínűleg ezt válaszolná: „a kis forgácsolóerő és a kedvezően tört forgácsok következtében termelékeny és könnyű forgácsleválasztás, valamint kedvező, előre tervezhető felületi érdesség”.

Ennek megfelelően a választott kiegészítő jellemzők tehát a leválasztási sebesség, a forgácsalak, a forgácsolás aktív ereje és a felület érdesség Rz paramétere. A módszer sajátossága, hogy a négy tényezőt *egyetlen* számadat írja le, amely a szerszámmal szemben támasztott legfőbb követelményeket tartalmazza.

Bármely vizsgált beállításnál a lapka teljesítőképességét kifejező *hatékonysági mutatószám* (H) képlete az alábbi:

$$H = \frac{1000 \cdot V' \cdot g}{F_a \cdot Rz} = \frac{1000 \cdot a \cdot f \cdot v_c \cdot g}{F_a \cdot Rz} \left[\frac{\text{mm}^3}{\text{min} \cdot N \cdot \mu\text{m}} \right] \quad (1)$$

amelyben az anyagleválasztási sebesség (V' , mm³/min), a forgács alakjára utaló szám (g), a forgácsolás aktív ereje (F_a , N) és az elért érdesség (Rz, μ m) szerepel. Az (1) képlet azt sugallja, hogy minél nagyobb az anyagáram és kedvezőbb a forgácsalak, annál jobb a hatékonyság. Másrésztől, minél kisebb a forgácsleválasztás és –törés erőigénye és minél kisebb érdességű az esztergált felület, annál kedvezőbben alkalmazható a lapka.

A négy „kritikus” jellemző kiválasztását (természetesen az egyszerű mérhetőségen és egzakt meghatározáson kívül) a következő megfontolások indokolják.

1. Az *anyagleválasztási sebesség* a forgácsolás termelékenységére utal. Esztergálásnál ez a fogásmélység, az előtolás és a forgácsolósebesség szorzata, amely – behelyettesítés után – cm³/min mértékegységű. A "H" mutatószám nagyságrendje miatt az (1) képletben azonban célszerű mm³/min mértékegységet használni.

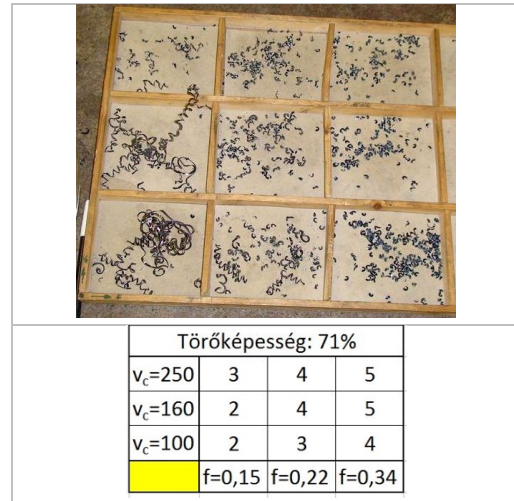
Egy teszt során a fogásmélység állandó értékű, míg – a lapka rendeltetésének megfelelően – az előtolást és a forgácsolósebességet három-három szinten (azaz 9 beállításban) változtatjuk.

A lapka forgácsolóképeségi tulajdonságai akkor derülnek ki igazán, ha a vizsgálat közben az anyagleválasztás intenzitását többszöröseire emeljük. A teszt során azonban a szerszámkopás nem befolyásolhatja a mérési eredményeket, ezért mindhárom technológiai adatot a munkadarab anyagminőségéhez (forgácsolósebesség), illetve a lapka forgácsolási tartományhoz (fogásmélység és előtolás) célszerű igazítani.

2. A forgács kedvező alakja döntően befolyásolja a korlátozott felügyeletű gépek (CNC-vezérlésű esztergáközpontok, többfunkciós MTM gyártóberendezések stb.) folyamatbiztos működését, de kihat a forgácsolással előállított termékek esztétikai megjelenésére is. Számos selejtet okozhat például a forgácsolt felületre visszacsapódó forgács, amely megsérthet más, jól látható vagy bevonatolt felületeket.

A tesztelés közben leválasztott forgácsminták tablószerű (ún. „chipchart”) elrendezését követően megállapítható a „g” *alaktényező*. Ez egy osztályzat (egész szám) és g=1...5 között lehet. A legkedvezőbben tört forgács „5”, a veszélyesen gubancoló, folyóforgács pedig „1” osztályzatot kap. Megjegyezzük, hogy ezt az osztályozási mátrixot – tudomásunk szerint – elsőként alkalmaztuk hazánkban [8-10].

Az **1. ábra** egy lapka forgácstablóját mutatja (a kiértékeléssel, „osztályozással” együtt). A táblázat fejlécén az általános törőképeség látható, ami a lapkára vonatkozó osztályzatok summájának és a maximálisan elérhető osztályzatok összegének (esetünkben 9x5=45) százalékban kifejezett aránya.

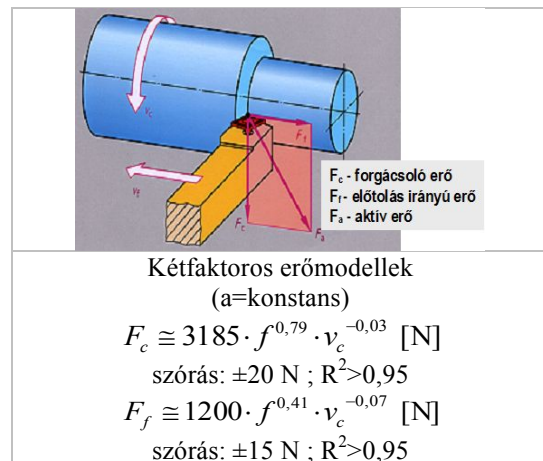


1. ábra: Lapka, forgácstabló és a forgácsok osztályozása [11]
Lapka: CNMG120408 MP3 WPP20S
Forgácsolási körülmények: C50 acél (HB220±5);
 $a=2$ mm; szárazforgácsolás

3. Az *aktív erő* két erőkomponens műszeresen megállapított értéke. Bár az erőmérő berendezés 3 erőkomponens regisztrálását is lehetővé tenné, az ismertített módszer a forgácsolóerő (F_c) és az előtolás irányú összetevő (F_f) egyidejű regisztrálására épül. Az aktív erő (F_a) az F_c és az F_f vektori eredője, tehát

$$F_a = \sqrt{F_c^2 + F_f^2} \quad (2).$$

A forgácsolóerő – például a szerszámra gyakorolt hatásai mellett – a szükséges teljesítményigényt határozza meg. Az előtoló erő – egyébként azonos főélszögű szerszám és azonos csúcssugarú lapka esetén – a szerszám élkiképzésétől (élekerekedés, élpreparáció stb.) és a forgácsoló kialakításától függ elsősorban.



2. ábra: A forgácsolóerő komponensei és modelljei [6]
Forgácsolási körülmények: Ko36 acél (HB170±5);
 $a=2$ mm; szárazforgácsolás

Ez az erőkomponens tehát alkalmas arra is, hogy a lapka törőképeségét jellemezze: minél nagyobb ugyanis az F_f erőösszetevő, annál jelentősebb a forgács megfelelő mértékű feldarabolására (törésére) fordított plusz erőhatás is. A lapkaminősítés ezért az F_a aktív erő alapján történik, azonban fontos következtetések vonhatók le az

F_f/F_c arányból is. A **2. ábra** az erőkomponensek értelmezését, illetőleg egy ismert cég PP törőgeometriájú, korszerű bevonatos lapka erőösszetevőinek kétfaktoros hatványfüggvény-modelljét foglalja össze. Látható, hogy természetesen az előtolás meghatározó mindkét erőkomponens alakulására, míg a forgácsolósebesség nem gyakorol szignifikáns hatást a kialakuló erőkre.

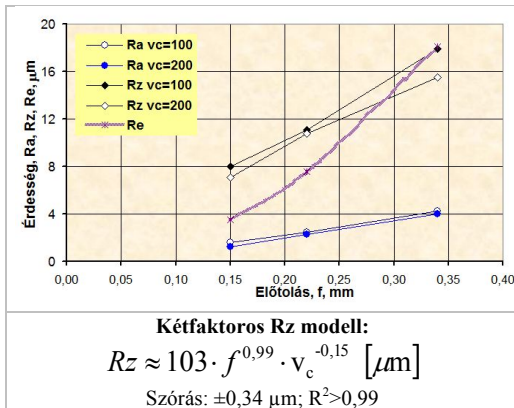
4. A negyedik jellemző a szerszám *érdesség-előállító képessége*, amely egyértelműen a minőségi előírásokhoz tartozik. Ez a fogalom azt fejezi ki, hogy a szerszámok meghatározott körülmények között, a mért (vagy észlelt) kopottsági állapotuktól *csaknem* függetlenül, előre számítható (azaz tervezhető) módon közel azonos érdességi paraméterekkel jellemezhető felületeket képesek előállítani [2].

Az esztergált felület érdességét különböző mérőszámokkal jellemezhetjük. A **3. ábra** a különböző beállításoknál elért érdesség (és az R_c elméleti érdesség) alakulását mutatja az előtolás függvényében.

Jóllehet a hazai gyakorlatban általánosan elterjedt az átlagos érdesség (R_a) használata, az összehasonlításra mégis az egyenetlenség magasság (R_z) paraméterét használtuk. Ezt az indokolja, hogy a beszállítói szegmensben szinte kizárólag ezt alkalmazzák, ráadásul az R_z jellemző bizonyos előtolástartományokban *elfogadható egyezést* mutat az R_e elméleti érdességgel. Ismert csúcssugárnál (r_e , mm) az utóbbi számítása [2] a következő (Bauer-formula, 1937):

$$R_e \approx 125 \cdot \frac{f^2}{r_e} [\mu\text{m}] \quad (3).$$

A 3. ábrán látható, hogy az elméleti érdesség a $0,25 \leq f, \text{ mm} \leq 0,35 \text{ mm}$ tartományban követi az R_z alakulását, míg a „közkedvelt” átlagos érdesség (ebben a léptékben) csak mérsékelten változik. Megjegyezzük, hogy a tesztelt lapkánál az $R_z = (5 \dots 6) \times R_a$ törvényszerűség érvényesül, azaz nem helyes a műszaki gyakorlatban elterjedten használt $R_z \cong 4 \cdot R_a$ közelítés. Ennek a tévhitnek a cáfolatát a [13-14] szakirodalmakban lehet megtalálni.



3. ábra: Az esztergált felület R_z érdességi jellemzője [12]
 Lapka: CNMG120408 MR WP15CT
 Forgácsolási körülmények: C50 acél (HB220±5);
 a=2 mm; szárazforgácsolás

Nézzünk egy példát, hogy a fentebb áttekintett tényezőket miként lehet az (1) összefüggésbe beilleszteni! Egy neves gyártó EM/YBN jelű lapkájának hatékonysági mutatószámait az **1. táblázatban** közöljük.

A rögzített fogásmélység ($a=1,5 \text{ mm}$) mellett a kilencféle beállítás ($100 \leq v_c, \text{ m/min} \leq 200$; $0,1 \leq f, \text{ mm} \leq 0,25$) adatait elemezve az alábbi következtetésekre jutunk:

- a választott előtolás és sebességértékek kombinálásakor a lapka nagymértékben változó ($H_{1,9} = 18 \dots 56$) hatékonyságot mutat. A forgácsolósebesség és az előtolás egyidejű növelése egyértelműen kedvező hatású mind a forgácsolás termelékenysége, mind a szerszám hatékonysága szempontjából. Az anyagleválasztás ötszörös növelése azonban ennél a törő/anyagpárosításnál mérsékelt hatékonyság-növekedéssel járt;
- a legkedvezőbb körülmények között használva vizsgált lapkát, hatékonysága ($H_8 = 56,9$) közel *háromszorosára* növekszik a legkisebb értékekhez képest. Ez főleg annak köszönhető, hogy a már említett anyagleválasztás növekszik, különösen pedig a forgácsalak és az elért érdesség igen kedvező értékű;
- megfigyelhető, hogy a lapka hatékonysága (a beállított sebességtől szinte függetlenül) kiemelkedően jó az $f=0,15 \text{ mm}$ előtolás beállításakor.

1. táblázat: Az EM/YBN jelű lapka hatékonysági mutatószámai [15]

Forgácsolólapka hatékonysága									
v_c	a	f	V'	F_c	F_f	F_a	R_z	g	H
100	1,5	0,1	15	405	253	478	4,98	3	18,9
100	1,5	0,15	22,5	539	330	632	4,33	4	32,9
100	1,5	0,25	37,5	870	300	920	5,67	4	28,7
160	1,5	0,1	24	382	230	446	5,61	3	28,8
160	1,5	0,15	36	518	300	599	5,67	4	42,4
160	1,5	0,25	60	826	423	928	8,98	4	28,8
200	1,5	0,1	30	355	220	418	4,68	2	30,7
200	1,5	0,15	45	498	282	572	5,53	4	56,9
200	1,5	0,25	75	762	357	841	8,41	4	42,4

Forgácsolási körülmények:
 Lapka: CNMG120408 EM YBN253
 Munkadarab: C50 (HB 220±5); szárazforgácsolás

Az ismertetett módszer alapján könnyen kiválasztható a legjobb alkalmazási hatékonyság, illetve a kedvező eredményt adó beállítások (lásd színes hasábk). Ezzel pedig bármely lapka optimális alkalmazási körülménye is kijelölhető. A leírt módszerrel megoldható az *azonos* körülmények között vizsgált lapkák sokrétű (egyszerre négyféle szempontot is tartalmazó) és objektív minősítése, valamint egymással történő összehasonlítása, sőt az üzemi gyakorlat számára szinte kívánatos is (pl. azonos lapkák közötti eltérések felderítése).

4 FORGÁCSOLÓLAPKÁK KOMPLEX HATÉKONYSÁGA

A különféle rendeltetésű (simító, félsimító és nagyoló), eltérő anyagminőségű, többféle élalakú (ISO vagy wiper kiképzésű) és változatos törőgeometriát tartalmazó lapkákat nem szokás összehasonlítani. A cikkben javasolt módszer lehetővé teszi, hogy – egy újabb fogalom, az ún. komplex hatékonyság bevezetésével – a reális összevetés megtörténjen.

Az eltérő felhasználási területekre szánt szerszámok komplex összehasonlításának alapja a tesztelt lapkák viselkedése, amelyet részint a vizsgált forgácsolási adatok (v_c , a , f , V'), részint pedig a mért (és kiszámolt) jellemzők (F_a , R_z , g , H) alapján határozzuk meg. Bármely lapka *komplex hatékonysága* (H_K) az egyedi beállításokra meghatározott $H_1 \dots H_9$ értékekre épül, és a vizsgált négyféle jellemzőre vonatkozóan *százalékosan* fejezi ki az adott lapkageometria és/vagy az élkialakítás hatékonyságát. Értéke a lapka *átlagos teljesítőképességét* fejezi ki az *összes* beállításra nézve, azaz egy komplex, százalékos mutató. A lapkák értékelésénél a főbb statisztikai jellemzőket (átlag, szórás, varianciahányados) használjuk fel, igazán azonban az egyes mért/számított adatok *százalékos arányait* vesszük figyelembe.

A komplex hatékonyság számítási képlete a következő:

$$H_K = 100 \cdot \frac{V'_\% \cdot g_\%}{F_{a\%} \cdot R_{z\%}} \quad [\%] \quad (4)$$

A közölt képlet értelmezését és a számítás módszerét egy konkrét példa segítségével tesszük szemléletessé. A **2. táblázat** egy nehezen forgácsolható, ausztenites korrózióálló acél esztergálási eredményeit (határértékek: $100 \leq v_c$, $m/min \leq 160$; $0,1 \leq f$, $mm \leq 0,25$) foglalja össze rögzített, $a=1,5$ mm fogásvétel mellett.

2. táblázat: A rövidített élhosszúságú ($l=9,525$ mm) lapka komplex hatékonysága [16]

Érték	v_c	a	f	V'	F_c	F_r	F_a	R_z	g	H
Átlag	128,3	1,5	0,17	32,1	634	339	721	9,0	3,7	18,2
Szórás	26,1	0	0,07	14,5	196	42	192	2,2	0,5	5,1
Var,%	20,3	0	39,7	45,2	31	12	27	24,6	13,6	28,2
%-ban				100	100	53,5	114	206	73	
Komplex hatékonyság	Lapka: TT9080/09 PC							31,2%		
Forgácsolási körülmények:										
Lapka: CNMG090408 PC TT9080										
Munkadarab: Ko36 (HB 170±5); szárazforgácsolás										

A 2. táblázat adatait a (4) összefüggéssel számítottuk. Az így kapott eredményekből a következő megállapítások tehetők:

- ha a lapkák vizsgálati tartománya azonos, akkor az anyagáram átlaga ($V'_\%$) is meg fog egyezni, azaz az értékelésben 100%-ot ad. Ha azonban a tesztkörülmények bármilyen irányban eltérnek egymástól (pl. félsimító és nagyoló törőgeometriák összevetése), akkor a változást meg kell adni: $V'_\% = 100 \times \frac{V'_{új\%}}{V'_{régi\%}} [\%]$;

- az aktív erő százalékos aránya ($F_{a\%}$) úgy kapható, hogy a vizsgálat közben mért átlagos aktív erőt ($F_{átlag}$) az átlagos forgácsolóerőhöz ($F_{cátlag}$) viszonyítjuk, azaz $F_{a\%} = 100 \times F_{átlag} / F_{cátlag} [\%]$. Az előbb leírtak szerint tehát az $F_{a\%}$ mindig nagyobb 100%-nál, és annál nagyobb mértékben tér el, minél nagyobb az előtölőerő részaránya. Megjegyezzük, hogy ez az érték döntően függ a tartó kialakításától (PCLNR vagy PSLNR) és a lapka r_c csúcscsugarától. Járulékos, de igen hasznos adat ilyen tekintetben az *átlagos* F_f/F_c arány, amely jelen esetben 53,5% értékű. Korrózióálló acéloknál ez az érték (PCLNR tartó, $r_c=0,8$ mm csúcscsugar, élpreparáció nélkül, a törő kialakításától függően) 48 ... 62% tartományban mozog;

- az érdességelőállító képesség százalékos értéke ($R_{z\%}$) a mért és az elméleti érdesség összehasonlítását tartalmazza. A mért egyenetlenség magasság átlagát hasonlítjuk össze az átlagos elméleti érdességgel, amelyet a (3) képlet segítségével, az átlagos (\bar{f} , mm) előtolásra számolunk ki. A táblázatban közölt százalékos adat azt fejezi ki, hogy a mért értékek kb. kétszer nagyobbak az elméleti érdességnél. Ez megszokott a korrózióálló acéloknál ($R_{zmért}/R_{zszám, Bauer} \approx 200 \dots 250\%$), mert kis sebességen és előtoláson élrátét keletkezik. A „nyúlós” természetű korrózióálló acél leforgácsolhatatlan („spanzifeln theorie”) eredményez, ennek megjelenése pedig inkább a Brammertz-féle érdességi modell [17] alkalmazását kívánja meg. A vizsgált ausztenites állapotú acél ráadásul rendkívül hajlamos a felkeményedésre. A bevonat kopása nem képes megakadályozni a homloklapon, mégpedig a szerszámszűcs közelében kialakuló adhéziós anyagfeltapadást, ami tovább rontja az érdességét;
- a forgácsolólapka százalékos értéke ($g_\%$) a lapka *átlagos* törési hatékonyságát fejezi ki (v.ö. 1. ábra). Az eddig vizsgált lapkák törőképesége 40 ... 90% között változott. Más vizsgálatok is azt tanúsították, hogy a PC törőgeometria kiemelkedően kedvező korrózióálló acélok esztergálásakor [18, 19];

- a komplex hatékonyság a (3) összefüggés szerint számított értéke – tapasztalataink szerint – kifejezetten kedvező a nehezen forgácsolható anyagok esetén [14, 16, 19].

A komplex hatékonyság fogalmának bevezetésével és a (4) összefüggés felhasználásával például össze lehet vetni a megegyező alakú, de módosított méretű lapkákon kialakított különböző forgácstörők és/vagy szerszámanyagok hatékonyságát, vizsgálni lehet az eltérő (pl. ISO vagy wiper) élkialakítású szerszámokat, vagy minősíteni lehet az egyes lapkafejlesztések innovációs eredményességét is [11, 16].

Eddig elvégzett számos vizsgálat tapasztalatait a **3. táblázat** foglalja össze. A munkadarabok anyagminősége és az élkialakítás szerint négy kategóriába sorolható a lapkák komplex hatékonysága. A wiper élalak kiemelkedő képessége elsősorban a kisebb aktív erővel és nagyon kicsi érdességgel magyarázható.

3. táblázat: A komplex hatékonyság értékelése

Feltételek: Lapka/anyag		Komplex hatékonyság			
		gyenge	megfelelő	jó	nagyon jó
ISO	C acél	≤20	≤40	≤60	≤80
	Ko acél	≤18	≤36	≤50	≤65
wipe	C acél	≤40	≤80	≤120	≤160
	Ko acél	≤35	≤70	≤100	≤130

5 FORGÁCSOLÓLAPKÁK SÚLYOZOTT HATÉKONYSÁGA

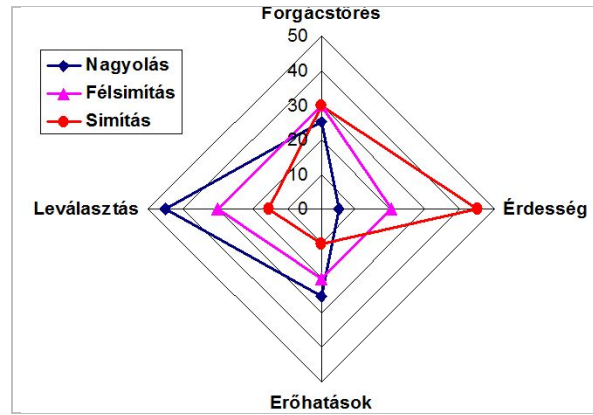
A lapkákkal szemben támasztott követelmények természetesen eltérőek a nagyoló, félsimító és simító megmunkálási körülmények között. Erről a 1980-as években publikáltak nemzetközi felméréseket (lásd a CIRP-tanulmány, 1985.), azonban – tudomásunk szerint – a hazai helyzetről még nem készült ilyen elemzés a XXI. század második évtizedében. Kérdőívet küldtünk ezért a szerszámforgalmazóknak és néhány vállalatnak arra vonatkozóan: tapasztalataik szerint a négyféle – *szisztematikusan* kiválasztott és *legfontosabbnak* tartott – kiegészítő jellemző milyen arányokat képvisel az esztergálásában. A velünk szorosabb kapcsolatban lévő 3 vállalat küldte gyakorlati tapasztalatait, a szerszámgyártók képviselői szerinti megoszlása a következő: Sandvik cégcsoport 4, ICM csoport 2, míg a Kennametal csoportból pedig 1. A beérkezett tíz választ átlagoltuk. Ezen felmérésre támaszkodva a lapkákkal szemben támasztott követelmények súlyszámait a **4. táblázat** tartalmazza.

4. táblázat: A lapkákkal szembeni követelmények súlyozása

Kiegészítő	Megmunkálási körülmények súlyszámjai			Súlyozási arányok
	Nagyolás	Félsimítás	Simítás	
Leválasztás	0,4	0,3	0,15	λ_1
Forgácsalak	0,3	0,3	0,35	λ_2
Erőhatások	0,2	0,25	0,1	λ_3
Érdesség	0,1	0,15	0,4	λ_4
Összesen	1,0	1,0	1,0	

A **4. ábra** szemléletesen mutatja be milyen prioritási elvek szerint szükséges egy lapkát kiválasztani és alkalmazni. A felmérés adataiban a kapott százalékok az anyagleválasztási sebesség, a fellépő erőhatások és a létrehozott érdesség tekintetében az általunk várt eredményeket hozták. Egyedül a forgácstörés követelménye jelent meg mindhárom megmunkálási fokozatnál közel hasonló súllyal. Ez érthető is, ha a műveletekben felhasznált gépek alkalmasak a felügyeletlenségű gyártás (vagy más szóval „unmanned machining”) körülményeire. Az 1. táblázat és a 4. ábra adatainak összehasonlításából még az is kitűnik, hogy nagyoláshoz egy, simításhoz két, félsimításhoz pedig három jellemző súlya a legnagyobb illetve meghatározó.

A tesztsorozatban részt vett lapkák komplex hatékonyságát tehát a szerszámforgalmazási trendek és az üzemi gyakorlati tapasztalatok alapján a felhasználhatóságot kifejező súlyszámokkal kell módosítani.



4. ábra: A kiegészítő jellemzők százalékos súlyarányai

A lapkára vonatkozó egyedi mérési eredményeket és a forgácstörési viselkedést tehát az 1. táblázat figyelembe vételével és (4) képlet korrigálásával kaphatjuk meg.

A lapka alkalmasságával kapcsolatban, a felhasználók igényeit is tükröző, *súlyszámokkal korrigált komplex hatékonyság* képlete a következő:

$$H_{SK} = \frac{1000 \cdot (1 + \lambda_1) \cdot V'_\%}{(1 - \lambda_3) \cdot F_{a\%}} \cdot \frac{(1 + \lambda_2) \cdot g_\%}{(1 - \lambda_4) \cdot Rz_\%} [\%] \quad (5)$$

A közölt képlet értelmezését és a számítás módszerét ismét egy példa segítségével tesszük szemléletessé.

Az **5. táblázat** egy C60 jelű szerkezeti acél wiper élgeometriájú lapkával végzett, félsimító jellegű esztergálásának eredményeit (határértékek: $100 \leq v_c, m/min \leq 250$; $0,15 \leq f, mm \leq 0,34$) mutatja be. A súlyozott, komplex hatékonysági mutatószámok alapján a következők állapíthatók meg:

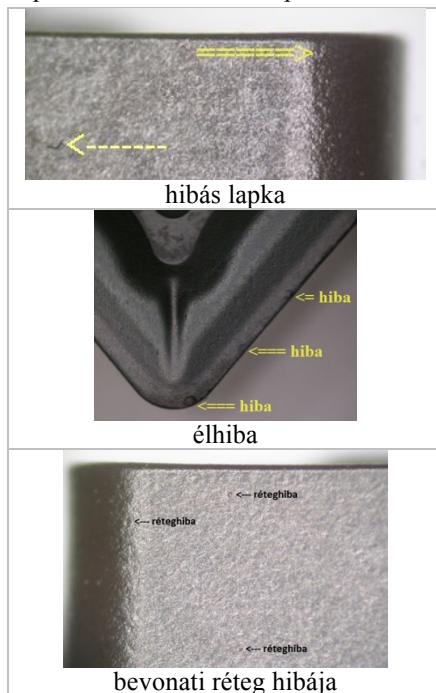
1. a súlyozás hatására az átlagos mutatószámok csak kismértékben változtak meg, egyesek növekedtek (pl. anyagáram, forgácstörési képesség), mások csökkentek (erőhatások, érdesség). Kijelenthető, hogy a félsimítási kategóriában a **súlyozás** alapvetően *nem változtatta* meg a komplex hatékonysági mutatószámok alapján kialakult százalékos arányokat. Ennek döntően az az oka, hogy a figyelembe vett négy kiegészítő jellemző közül háromnak *közel azonos* volt súlya;
2. a wiper élkialakítású lapkák hatékonysága – mint azt már kimutattuk [11, 15, 20, 21] – különleges kategóriába tartozik. Hozzájárul ehhez az a tény, hogy minden vizsgált jellemzőjük rendkívül kedvező, különösen az érdességelőállító és a forgácstörő képesség emelkedik ki. Megjegyezzük, hogy hasonló tapasztalatokra tettünk szert más gyártók [15] hasonló élkialakítású szerszámainál is: közel kétszeres a súlyozott komplex hatékonyság az ISO élkialakításhoz viszonyítva;

5. táblázat: Egy tesztelt lapka súlyozott, komplex hatékonysági mutatószáma [11]

Értékelés	v_c	f	V_s'	F_c	F_f	F_{as}	Rz_s	g_s	H_s
Átlag	170	0,24	78,5	1065	591	914	3,8	5,1	150,9
Szórás	65,4	0,08	42,1	301	116	238	1,4	1,0	118,6
Var, %	38,5	35,2	53,7	28	20	26	36,5	20,1	78,6
%-ban			100	100	55,5	85,9	43,2	101,1	
Korrekciós tényezők	λ_1	0,3	λ_2	0,3	λ_3	-0,25	λ_4	-0,15	2,651
Komplex, korrigált	Lapkatípus: WALTER, WPP20S, NF törőgeometria								273%
Forgácsolási körülmények: Lapka: CNMG090408 NF (wiper) WPP20S Munkadarab: C60 (ötvözetlen szerkezeti acél, HB 225±5, szárazforgácsolás)									

3. Ide tartozó megjegyzés az is, hogy – mérési eredményeink tanúsága szerint [20, 21] – a passzív erőkomponens (F_p) a wiper lapkánál rendkívül nagy, ezért az élkialakítás sajátosságait feltétlenül számításba kell venni. A termelékenység szempontjából például kis l/d viszonyú alkatrészek, nagy merevségű esztergákon történő hossz- vagy keresztesztergálása igen kedvező lehet, viszont a kúpos és alakos (pl. tóruszos) felületek megmunkálásakor egyrészt a kedvező érdességcsökkenés elmarad, másrészt – a wiper él kiképzéséből adódóan – az elért megmunkálási pontosság kedvezőtlenül alakul.

Végezetül szeretnénk azt hangsúlyozni, hogy a fenti módszer és az így elért eredmények és vizsgálati tapasztalatok egy-egy lapkára vonatkoznak. Az eredmények megbízhatóságának fokozása érdekében a vizsgálatra kerülő lapkákat gondos (mikroszkópos) válogatással célszerű kiválasztani, és csak megfelelő állapotú (jól „kisajtolt”) lapkákat, ép bevonatokat és hibátlan éleket szabad tesztelni. Ki kell zárni az **5. ábrán** szereplőhöz hasonló hibás lapkákat.



5. ábra Vizsgálatra alkalmatlan lapkák

Szeretnénk elkerülni azt a hibát is, hogy egyetlen tesztelési eredményből vonjunk le általános következtetéseket, ezért a vizsgálatok **legalább** kétszeri megismétlését javasoljuk.

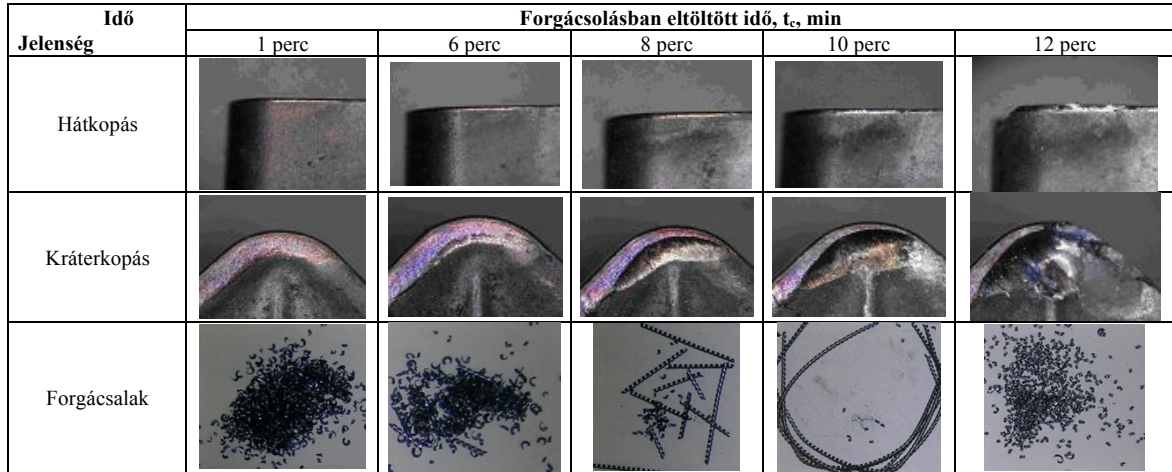
6 FORGÁCSOLÓLAPKÁK HOSSZÚ TÁVÚ HATÉKONYSÁGA

A lapkák hosszú távú hatékonysága szorosan összefügg a szerszám elhasználódásával (más néven a forgácsolóképeség degradációjával), amelyen mindazon *kedvezőtlen* hatások összességét értjük, amelyek kifejezetten a szerszám kopása miatt következnek be, vagy – akár áttételesen is – szerepet játszhatnak benne. A kopás következtében egyértelműen növekszik a forgácsolási hőmérséklet, az erő-, nyomaték- és teljesítményigény, a rezgési hajlam és a zajhatás, romlik a pontosság, megváltozik az érdesség és/vagy a hullámosság is [22]. Egy célszerűen megválasztott kopáskritériumhoz tartozó éltartam mind a munkadarab forgácsolhatósága, mind pedig a szerszám forgácsolóképesége szempontjából a legfőbb jellemzőnek tekinthető.

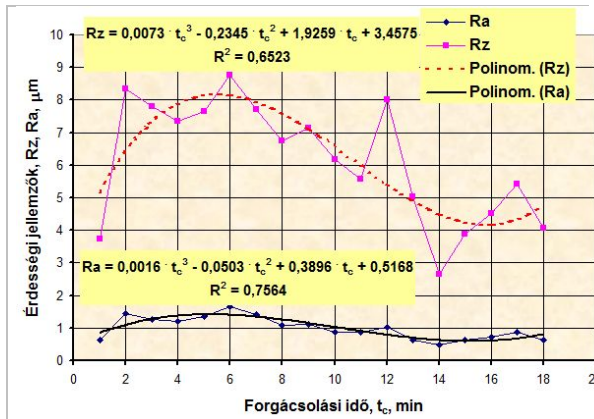
Kézenfekvő gondolat lenne az, ha a forgácsolásban eltöltött időt figyelembe vennénk a négy, kiválasztott jellemzőt tartalmazó és az (1) összefüggés alapján definiált hatékonyság számításakor. A szerszám kopási folyamatának végigkövetése azonban nagyon időigényessé (és költségessé) tenné a vizsgálatot, hiszen az egyedi kopásmérések időpontjaiban kellene forgácsolómintát venni, mérni az erőkomponensek értékeit és az Rz érdességi paraméter alakulását. A szerszám éltartamvizsgálata alatt a forgácsolási adatok (a , f , v_c) és az anyagleválasztási sebesség (V) állandósága biztosított ugyan, azonban a másik három jellemző (forgácsolak, erőkomponensek és Rz érdességi adatok) a szerszám elhasználódási folyamata során szerfelett nagymértékben változnak.

A forgácsolak változását igen szemléletesen mutatja a **6. ábra**, amelyen a kráterkopás okozta változás a „ g ” értékében akár 3 osztályzatnyi különbséget is okozhat, mivel a homlokclapon fokozatosan kialakuló kráter a kezdeti kedvező törési hatékonyságot lerontja. Az állandósuló kopás első szakaszában a „ C ” és „ G ” alakúra törött, apróra darabolt forgácsok távoznak a szerszámtól, később pedig – a kráter elhelyezkedésének, szélességének és mélységének függvényében – előbb 40...90 mm hosszúságú hengeres spirálforgácsok keletkeznek, később pedig kezelhetetlen, veszélyesen tekeredő folyóforgács képződik. A kopáskritérium elérésekor ismét jól kezelhető, „ C ” alakú és/vagy csigaszzerűen összetekeredő, veszélyesen szóródó forgács távozik.

Közismert a szerszám kopásának befolyása a forgácsolóerő komponenseinek megváltozására. Az F_c forgácsolóerő kopás miatti módosulása például a Kienzle és Victor erőképletében 25-30%-os növekedést jelent [2]. Méréseink is ezt a tapasztalatot erősítik meg (lásd 6. táblázat). Még ennél is nagyobb változást (azaz növekedést) mutat az előtolás irányú és passzív (F_f és F_p) erőkomponens, így érthető, ha az állapotfelüveleti rendszereket – többek között – e két erőösszetevő (vagy ezek arányainak) megváltozására alapozzák.



6. ábra: A forgácsolak megváltozása a szerszámél elhasználódása miatt [24]
Lapka: CNMG120408 PM K10+TiAlN-mono (PVD)
C60 acél (HB220±5); a=1,5 mm; f=0,25 mm; v_c=200 m/min; szárazforgácsolás



7. ábra: A forgácsolt felület érdességének változása az idő függvényében [14, 23]
Lapka: CNMG120408 MT TT5100
Ko36 acél (HB170±5); a=1 mm; f=0,1 mm; v_c=160 m/min; szárazforgácsolás

A forgácsolt felület érdességi adatai szintén összefüggésben vannak a szerszám kopottsági állapotával. A 7. ábra egy nehezen forgácsolható, ausztenites korrózióálló acél példáján mutatja be a szokásos érdességjellemzők (Ra, Rz) változását a forgácsolási idő függvényében. A diagramból jól látszik, hogy az egyenletes kopás szakaszában (t_c = 2...6 min között) előbb hirtelen kétszeresére nő az Rz adata, majd – az él pillanatnyi állapotának és vasaló hatásának függvényében – erőteljesen csökken az egyenetlenség magasság. Az éltartam vége felé (t_c > 14 min) mindkét mért érdességi jellemző ismét növekszik. Az érdességelállító képességnek a közölt ábrán megfigyelhető változásai egyébként nem engedhetők meg például kis átmérőjű és hosszmetretű alkatrészek sorozatgyártásakor vagy az előírt minőséget garantáló gyártási feltételek között.

A különböző anyagú, szerkezeti összetételű, vastagságú és nanokeménységű PVD-bevonatok védő hatását hosszú távú (tartós) teszt sorozattal vizsgáltuk. A 6. táblázat egy egyrétegű bevonat kopásvizsgálati eredményeit tartalmazza. A kopáskritérium (VB_{meg}=0,2 mm) eléréséig a forgácsolak besorolása háromosztályzatnyi különbséget mutatott, az aktív erő

(F_a, N) kb. 25%-kal, az előtolás irányú erő (F_r) pedig közel 70%-kal növekedett meg, míg az Rz egyenetlenség magasság (szinte a 7. ábra alakulását követve) rapszodikusán változott. A forgácsolási idő függvényében a hatékonyság először fokozatosan mérséklődött, majd – váratlanul – harmadára esett vissza. A kopás utolsó szakaszában azonban annyira megnőtt, hogy még a kiindulásnál mért értéket is bőven meghaladta. Ennek az a magyarázata, hogy az esztergált felület Rz érdessége (az él vasaló hatásának következtében) töredékére csökkent, a forgácsolak besorolása pedig három osztállyal jobb lett.

6. táblázat: A szerszámkopás hatása a lapka hatékonyságára [24]

Lapkák hosszú távú hatékonysága							
Kopás- adatok	Erőértékek, N			Érdes- ség Rz, µm	For- gács g	Haté- konyság H	
	Idő, min	VB, mm	F _c				F _r
1	0,08	840	361	914	8	4	41,0
2	0,09	830	390	917	9	4	36,3
4	0,1	830	407	924	10	4	32,5
6	0,11	835	434	941	11	3	21,7
8	0,12	725	355	807	13	1	7,1
10	0,14	820	426	924	12	1	6,8
12	0,2	1100	605	1255	5	4	47,8

Forgácsolási körülmények:
 Lapka: CNMG0120408 PM K10/TiAlN-mono (PVD)
 Munkadarab: C60 acél (HB 225±5); szárazforgácsolás
 Adatok: a=1,5 mm; f=0,25 mm; v_c=200 m/min; V'=75 cm³/min

Az ugyanilyen anyagú, de többrétegű (multilayer) bevonat kopásmérési eredményeit és a hatékonysági mutatószámait a 8. ábra tartalmazza. A TiAlN egyrétegű bevonat kopásgörbéjét a

$$VB(t_c) = t_c \cdot EXP(4,7 - 0,46 \cdot t_c + 0,03 \cdot t_c^2) \text{ [mm]} \quad (6)$$

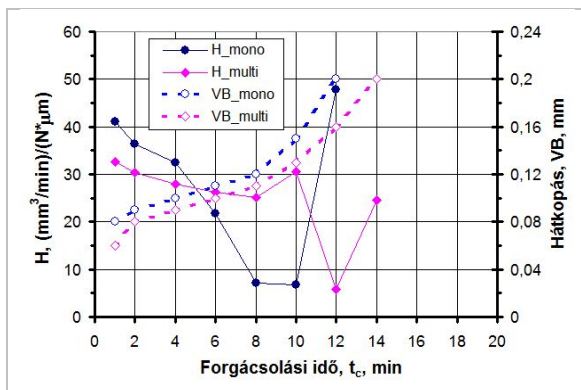
$$s = \pm 0,007 ; R^2 = 0,972$$

a többrétegű TiAlN változatot pedig

$$VB(t_c) = t_c \cdot EXP(4,3 - 0,33 \cdot t_c + 0,02 \cdot t_c^2) \text{ [mm]} \quad (7)$$

$$s = \pm 0,01 ; R^2 = 0,945$$

függvénnyel tudjuk leírni [24]. A (6) és (7) egyenletet összevetve látható, hogy a nagyobb rétegszám – a hátfelület kopását mérsékelve – javítja a lapka teljesítőképességét és 20%-kal növeli meg az éltartamot. A hatékonyság a forgácsolási idő függvényében éppen ezért az egyrétegű bevonatnál mindvégig erőteljesen csökken és csak közvetlenül a tönkremenetel előtt mutat kedvező értéket. A többrétegű bevonatnál a hatékonyság előbb kissé mérséklődik, majd növekedni kezd, a következő kopásmérésnél azonban drasztikusan lecsökken. A kopás végső fázisában viszont az (1) összefüggés alapján ismét nagy értéket kapunk. Ennek az a magyarázata, hogy a fellépő erőhatások növekvő értékét kompenzálni tudja a felület vasalását végző él (igen kis érdességet hátrahagyva) és a kedvező (csigavonalszerű) forgácsolal.



8. ábra: A kopás és a hatékonyság az idő függvényében különböző bevonatoknál [24]
Lapka: CNMG0120408 PM K10
Bevonat: TiAlN-mono és TiAlN-multi (PVD)
Forgácsolási körülmények: C60 acél (HB225±5); $a=1,5$ mm;
 $f=0,25$ mm; $v_c=200$ m/min; szárazforgácsolás

A tartós vizsgálat ezen eredményei megerősítik azon véleményünket, hogy az (1) összefüggéssel kifejezett hatékonyságot nem célszerű alkalmazni a lapkák hosszú távú teljesítőképességének kifejezésére, mert

1. a szerszám elhasználódási folyamata a kiválasztott négy legfontosabb kiegészítő jellemzőre inkonzisztens hatás gyakorol. Másképpen fogalmazva: a kopásgörbék inflexió pontjai ($t_c=8\dots 10$ min) közelében a „H” mutató hirtelen drasztikus csökkenést mutat;
2. az éltartamvizsgálatoknál megszokott *hátfelület kopás* kritériumként történő felhasználása a kiegészítő jellemzők közül csak a fellépő erőhatásokat (nagy főélszögű szerszámoknál főleg az F_f komponenst) befolyásolja egyértelműen, a kialakuló érdességre áttételesen, míg a forgácsolásra egyáltalán nem hat;
3. a lapka homlokfelületének kopása (főleg a kráterképződés) a forgácsolóképződést hektikusan befolyásolja;
4. a szerszámél kopottságtól függő pillanatnyi állapota és valós alakja (főként a csúcsgár és mellékél zónája) a munkadarabon mérhető érdességet bizonytalanná teheti. A stabil forgácsolás, az élalak átmásolódása és/vagy a

vasalás egyidejű fellépése a 7. ábrán vázolt ingadozásokhoz vezet.

Az általunk értelmezett, az (1) képlet szerint számított hatékonyságot a fenti indokok alapján nem célszerű kapcsolatba hozni a lapka hosszú távú teljesítőképességével. Nem jelent megoldást a kopásmérések időpontjához rendelt hatékonyságok átlagolása vagy éppen súlyozása sem.

7 ÖSSZEFOGLALÁS

A dolgozat olyan újszerű minősítési módszert mutatott be, amelyet előnyösen lehet alkalmazni a lapkák forgácsolóképességének meghatározásakor. A módszer különféle alakú, élkialakítású, méretű, forgácsolóerő, illetve eltérő anyagminőségű és bevonatú lapkák objektív összehasonlítására alkalmas, ezenkívül lehetővé teszi hatékonysági sorrendek képzését, valamint az innováció sikerességének mérését is. Három lényeges hatékonysági elemet definiál, amelyek segítségével egyrészt optimális adatbeállításokat lehet kiválasztani az (1) képlettel, másrészt a komplex hatékonyságot definiálva (lásd (4) összefüggés) egyetlen százalékos arányszám jellemzi a vizsgált lapkát.

A gyártási trendek és üzemi statisztikák alapján a súlyszámokkal módosított felhasználhatóság az (5) formula alapján számítható. A súlyozott komplex hatékonyság már a különböző rendeltetésű lapkák objektív összehasonlítására is alkalmas.

A kidolgozott módszer alkalmazásának előnye, hogy egyszerű, csak négy (nevesítve: leválasztási sebesség, forgácsolal, aktív erő, felületi érdesség), jól számítható, kódolható és mérhető jellemzőre támaszkodik, ráadásul – csekély idő-, anyag- és költségráfordítása révén – kellően rentábilis. Hátránya, hogy csak rövidtávú kísérletek elvégzésére alkalmas.

A lapkák forgácsolóképességének fő jellemzője a hosszú távú teljesítőképesség, azaz a szerszám kopási viselkedése és éltartóssága. A kopási folyamat alakulása (lásd (6) és (7) képlet) és a hatékonyság közötti kapcsolat esetleges. A dolgozatban bemutatott példa is azt szemlélteti, hogy a kiegészítő jellemzők négy fő paraméteréből számítható hatékonyságot nem szabad összetéveszteni a lapka teljesítőképességével.

A világ három vezető szerszámgyártó cégcsoportja küldött már lapkákat elemzésre, a módszer használhatóságát és megfelelőségét több, mint 70 lapka tesztelési tapasztalatai támasztják alá. A továbbiakban azokat az új fejlesztésű lapkákat fogjuk a fenti módszerrel tesztelni, amelyek piacra kerülése szinte forradalmasítja az esztergálást.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A szerző köszönetet mond a mérések során és a korábbi szakcikkek elkészítésében közreműködő kollégáinak. Külön köszönet illeti Dr. Pálmai Zoltánt értékes szakmai megjegyzéseiért.

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Sipos, S. és Palásti-Kovács, B. (2007): A forgácsoláskutatás néhány eredménye a szerszámminősítés területén *Nemzetközi Gépész és Biztonságtechnikai Szimpózium*, 2007. november 14. Budapest, BGK (ISBN 978-963-7154-68-3) pp. 28.
- [2] Sipos, S., Palásti, K.B. és Horváth, R. (2015): Forgácsoló technológiák és szerszámai (*Elektronikus jegyzet*, ÓE 3057)
- [3] Kutatási jelentés (2008) Böhlerit-projekt, BMF/BGK/AGI, Budapest, pp. 25
- [4] Sz. Biró, S. dr. Sipos, Zs. Kisa és P. Uracs (2009): New results of investigations carried out on tools made by IMC Group, *microCAD 2009 International Scientific Conference*, Miskolc, 19-20 March. 2009. Section M: Production Engineering and Manufacturing Systems, 27-33. ISBN 978-963-661-878-0
- [5] Sz. Biró, T. Dr. Cselle, V. Hájek és S. dr. Sipos (2010): Evaluation of Cutting Performance on Pramet Carbide Inserts with Several Coatings, Made by Platit AG *microCAD 2010 International Scientific Conference*, Miskolc, 18-20 March 2010. Section N: Production Engineering and Manufacturing Systems, 25-32. ISBN 978-963-661-918-3
- [6] Kutatási jelentés (2013) Sandvik-projekt, ÓE/BGK/AGI, Budapest, pp. 30.
- [7] Pálmai, Z. (1980): Fémek forgácsolhatósága, Műszaki Könyvkiadó
- [8] Sipos, S..(1990): Forgácsolási adatbázis ISG-gyártmányú keményfém váltólapkával végzett esztergáláshoz *Korszerű technológiák*, 4. 5. sz. 9-18.
- [9] Sipos, S. dr. és Repár, I. (1990): ISG-gyártmányú lapkák kiválasztása mikroszámítógéppel *Gépgyártástechnológia*, XXX. 7. sz. 317-320.
- [10] Dr. Palásti-Kovács, B., Dajcs, L. és dr. Sipos, S. (1990): ISG-gyártmányú lapkák forgácstörési tartományának vizsgálata *Gépgyártástechnológia*, XXX. 8. sz. 346-351.
- [11] Kutatási jelentések (2009-2014) Walter-projektek, ÓE/BGK/AGI, Budapest, pp. 25
- [12] Kutatási jelentés (2016) WIDIA gyártmányú lapkák forgácsolóképességének műszeres vizsgálata, ÓE/BGK/AGI, Budapest, pp. 28
- [13] B. Dr. Palásti K., S. dr. Sipos és Á. Dr. Czifra (2012): Interpretation of „Rz=4xRa” and other roughness parameters in the evaluation of machined surfaces *Proceedings of the 13th International Conference on Tools, ICT-2012*, 27-28. March 2012, Miskolc (Hungary), 237-244. ISBN 978-963-9988-35-4
- [14] B. Dr. Palásti-Kovács, S. dr. Sipos és Sz. Biró (2014): The Mysteries of the Surface First Part: The Characteristic Features of the Microgeometry of the Machined Surface *Acta Polytechnica Hungarica*, 11. 5-24. DOI: 10.127000/APH 11.05.2014.05.1
- [15] Kutatási jelentés (2016) ZCC gyártmányú lapkák vizsgálata ÓE/BGK/AGI, Budapest, pp. 22
- [16] Kutatási jelentés (2016) TaeguTec gyártmányú, Rhino-Turn™ lapkák összehasonlító vizsgálata korrózióálló acélon ÓE/BGK/AGI, Budapest, pp. 23
- [17] Brammertz, P.H. (1961): Entstehung der Oberflächenrauheit beim Feindreihen *Industrie Anzeiger*, 83 H.2., S. 25-32.
- [18] Sz. Biró, A. Nagy és S. dr. Sipos (2010): Use of Cutting Inserts with Modern Geometry in Higher Education *Gyártás 2010. konferencia (GTE)*, Budapest, 2010. okt. 20-21. CD ISBN 978-963-9158-30-6; lektorált, angol nyelvű
- [19] Sz. Biró, A. Nagy és S. dr. Sipos (2011): Up to date cutting inserts with modern geometry for machining applications *XXV. microCAD Int. Scie. Conference*, 31 March – 1 April 2011. Section L: Production Engineering and Manufacturing Systems, 17-22.
- [20] S. dr. Sipos, Sz., Biró és J. Biró (2005): Increasing of the cutting performance and the quality of machined surface at the same time *5th Intern. Scient. Conf. „Development of Metal Cutting DMC 2005”*. Kosice, SK. 09-13. ISBN 978-80-8073-858-7
- [21] dr. Sipos, S., Biró, Sz. és Tomoga, I. (2006): A termelékenység és a minőség egyidejű növelése WIPER élgeometriával *Gépgyártás*, XLVI. 4. sz. 17-24.
- [22] Sipos, S. dr. (1997): A forgácsolás minőségbiztosítása *Minőségbiztosítás a gépészetben*, PHARE-projekt, TDQM - HU 9305 - 1337/B, Budapest, 256 - 318.
- [23] Palásti, K.B., Sipos, S. és Biró, Sz. (2014): A felület rejtelmei I. rész: A forgácsolt felület mikrogeometriájának jellegzetességei *Gyártóeszközök, szerszámgépek, szerszámok* (Műszaki Kiadványok) XX., 2014. 3-9.
- [24] Report (2007): Investigation on cutting performance of carbide inserts with several types of coating made by Platit AG BMF/BGK/AGI, Budapest (on CD)

Thermal analysis and control for heating of an extrusion die

R. S. Vargas*, V. Gonda**, and L. C. Ruiz***

* Engineering and Applied Sciences Faculty, Universidad Técnica de Cotopaxi, 050101 Latacunga, Simón Rodríguez Av., Ecuador

**Department of Materials Technology – Bánki Faculty of Safety and Security Sciences, Óbuda University, 1081 Népszínház u. 8, Budapest, Hungary.

***Doctoral School on Safety and Security Sciences, Óbuda University, 1081 Népszínház u. 8, Budapest, Hungary.

ramiro.vargas@utc.edu.ec, gonda.viktor@bkg.uni-obuda.hu, lourdes.ruiz@bkg.uni-obuda.hu

Abstract — Heating and temperature control of tool blocks with high heat capacitance requires a proper setting of thermal control systems. The temperature distribution is highly non-uniform in the heating stage, and can deviate locally while reaching a stabilized state due to heat losses. In this study, a thermal analysis of heating an extrusion die is described. First a 3-D model of the extrusion die was constructed in SolidWorks. Subsequently, the model was imported to MARC Mentat finite element software and geometrically processed. Material properties and boundary conditions were assigned to the model considering heat conduction and heat convection. The heating power and heat transfer coefficient were taken as optimization parameters. In the parameter analysis, after several simulations, a comparison between values in real and in the modelled block showed agreement. With the theory about Proportional Integral Derivative (PID) controllers and using the values from simulation, PID parameters were computed.

Keywords: Thermal simulation, PID parameters, extrusion.

1 INTRODUCTION

In materials technology, hot working is a process where metal is plastically deformed at temperatures above the recrystallization temperature [1]. Rolling, extrusion, forging, drawing and rotary piercing are the most frequent hot working processes [2].

Extrusion is a process used to form materials. It consists of pressing a metal through a die with a specific shape [3]. Direct extrusion is carried out with a billet pushed through the die by a mobile stem; the material flow is on the same direction as the stem's motion. In indirect extrusion, the material flow is opposite to the stem movement. The billet is pushed by the stem and the material comes out from the opposite side. Fig. 1 shows a scheme of direct and indirect extrusion.

In high temperature processing, thermal control is fundamental for forming tool and the workpiece [4] [5]. Thermal controllers often use Proportional Integral Derivative (PID) type of control for the temperature setpoint [6]. A large block of an extrusion die is heated by the controllers that provide on-off type of heating power, and the actual temperatures in the different locations of the die may vary. For this reason, the data obtained to control the temperature along the channel is vital for the relevant thermal control. A real time thermal process takes a considerable time to show changes. Therefore, an

accurate simulation of the process, will show the process functioning and how the extrusion die may be affected [7].

The following study presents a thermal simulation of an extrusion die through finite element analysis. The heating process runs with a PID controller using pre-established parameters to reach the temperature setpoint. In order to run the simulation, a 3-D model of the extrusion die was obtained in SolidWorks software. This model was imported to MARC Mentat finite element software for further geometrical processing and setting up a thermal model. Material properties and boundary conditions taken from theory were assigned to the model [9]. Heating power and heat transfer coefficient were used as optimization parameters. After running several simulations, measured temperature data and values obtained in the simulation were compared and PID parameters were computed.

The purpose of the simulation was to obtain a comprehensive description of the temperature distribution and collect data for acquiring optimal PID parameters for future thermal control in real life heating processes.

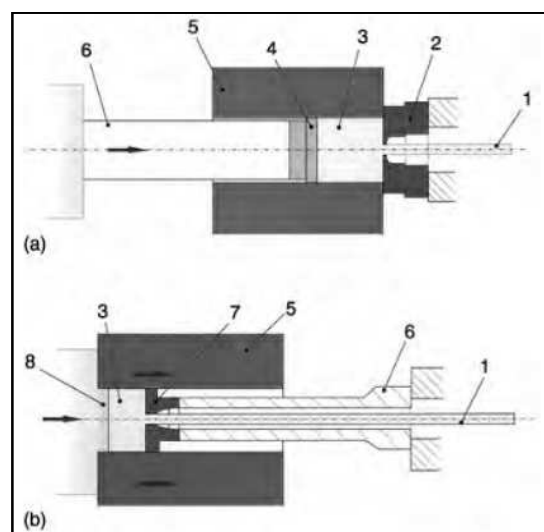


Fig. 1. Extrusion processes [8].

(a) Direct extrusion, (b) Indirect extrusion.

1, extrusion; 2, die; 3, billet; 4, dummy block; 5, container; 6, stem 7, dummy block with die; 8, sealing tool.

2 METODOLOGY

2.1 Three dimensional modeling and treatment

Before running the simulation, a three dimensional (3-D) model of the extrusion die was created in SolidWorks. This model was imported and geometrically processed in Marc Mentat studio [10]. The extrusion die consists of two parts symmetrically equal to each other, which are fastened with specific bolts. It lies over a metallic base with an established angle convenient for the stem to enter and press the billet.

The 3-D model design of the half of the extrusion die has been simplified with the purpose of a convenient geometry and mesh for the simulation software. Fig. 2 shows the simplified extrusion die after geometric operations. Since, the extrusion die in real life is made of stainless steel (hot working tool steel), these material properties were assigned to the design based on Table 1.

2.1.1 Point of interest

Before applying any force over the billet, the temperature in the corner of the extrusion die channel has to reach a specific value in order to obtain the desired metallic shape; this specific point in the extrusion die was designated as the point of interest. To achieve the required temperature, a thermometer was placed in the corner to control the temperature.

2.2 Initial Conditions Setting

Initial conditions were obtained using real life experimental data. Thus, the values established were:

- Initial temperature of the extrusion die: Assuming an average room temperature, the extrusion die temperature was set as 20°C.
- Power flux: The extrusion die face in contact with the power supply contains 91 nodes after the geometry and mesh treatments. Considering a power supply of 400 [W], a power per node of 4.4 [W] was set.

2.3 Boundary conditions

The modelled extrusion die consist of six faces:

- A face in contact with the power supply,
- A symmetric face,
- A face in contact with the metallic base,
- Three faces in contact with the air (room temperature).

Face flux boundary condition was assigned to the faces in contact with the ambient temperature and the face in contact with the metallic base, as shown in Fig. 3. A value of 5 [W·m⁻²·K⁻¹] was assigned to losses due to the air and 100 [W·m⁻²·K⁻¹] was assigned to losses due to the face in contact with the base. These two heat transfer coefficients (HTC) were taken from Table 2 as a starting reference.

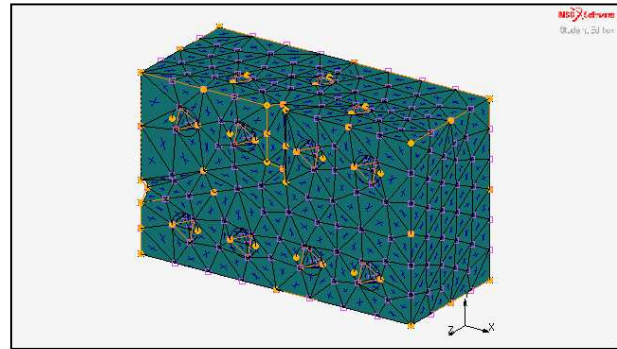
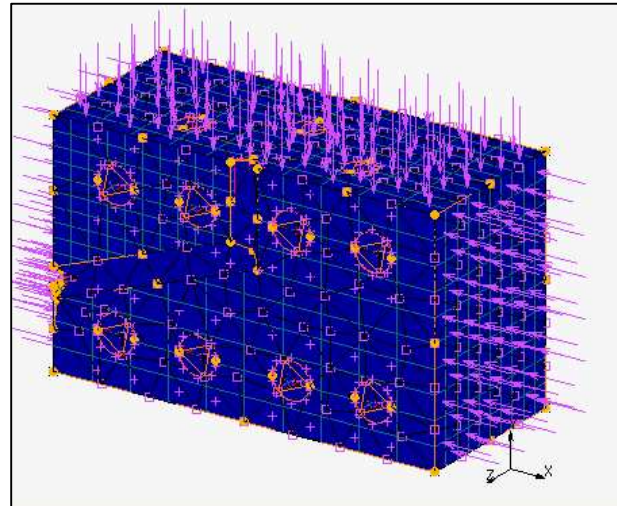
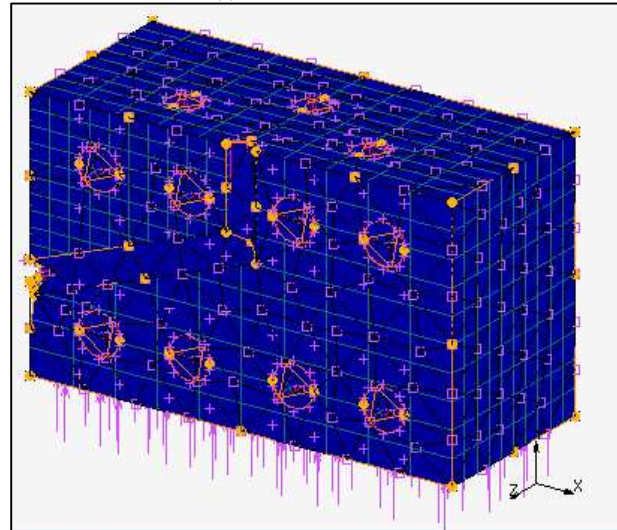


Fig. 2. Finite element mesh of the 3D modelled extrusion die.



(a) Losses due to the air



(b) Losses due to the metallic base.

Fig. 3. Heat losses due to the air and metallic base – Faces definition.

Table 1. Material Properties – International System (SI) [11]

Material	Thermal conductivity [W·m ⁻¹ ·°C ⁻¹]	Density [kg·m ⁻³]	Specific Heat [J·kg ⁻¹ ·°C ⁻¹]
Aluminum 6061	180	2710	1256
Steel SAE 1010	63,9	7832	434
Steel, Stainless 316	16,26	8027,2	502,1

Table 2. Approximate values of heat transfer coefficient [12].

Conditions of heat transfer	[W·m ⁻² ·K ⁻¹]
Gases in free convection	5 – 37
Water in free convection	100 – 1200
Oil under free convection	50 – 350
Gas Flow in tubes and between tubes	10 – 350
Water flowing in tubes	500 – 1200
Oil flowing in tubes	300 – 1700
Molten metals flowing in tubes	2000 – 4500

2.4 Simulation

The aim of the simulation was to tune the values of the heat conduction parameter regarding the extrusion die faces in contact with air and the face in contact with the metallic base. The simulation was run using two scenarios from real experimentation to adjust the boundary values:

1. Constant Power Heating (CPH): the extrusion die was heated up with a constant power supply to analyze how the temperature rises on the die's point of interest.
2. Temporal Power Heating (TPH): the power supply was turned on for ten minutes and then switched off to measure the temperature/time changes when the extrusion die cooled down. This analysis was also done at the die's point of interest.

2.5 Results

One of Marc Mentat simulation software feature is to observe the results of a heating process with a color distribution according to the temperature. Furthermore, data from a certain node can be also seen and exported for further treatments. Simulated temperature is shown in Fig. 4 and Fig. 5, graphically describing the extrusion die simulation run in the second scenario. A contour band temperature distribution is shown Fig. 4, where the blue color represents the minimum temperature (47°C) and yellow represents the maximum temperature (55°C).

From Fig. 5, a time vs. temperature history plot in the point of interest was used to compare values from the simulation with real experiments values. This figure clearly shows that the values obtained by the simulation were as accurate as the values obtained in real life. This accuracy is shown in Fig. 6 and Fig. 7 where curves from the two scenarios are compared.

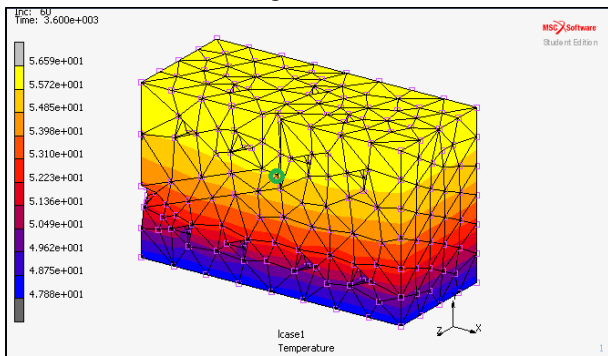


Fig. 4. Contour bands temperature distribution (minute 60). TPH scenario. Point of interest is marked by a green circle.

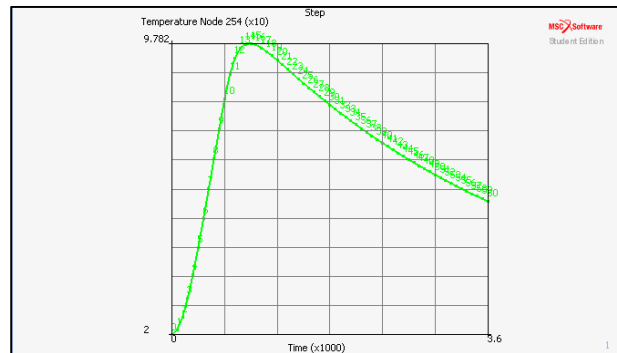


Fig. 5. Time vs. Temperature history plot –point of interest. TPH scenario.

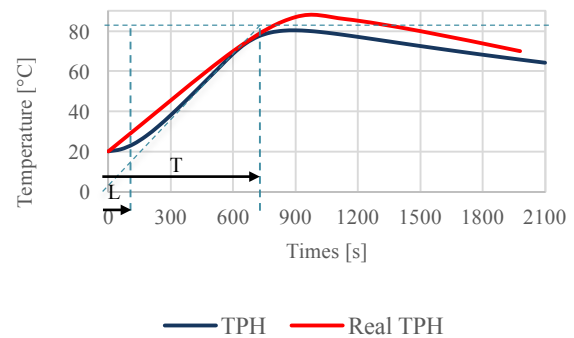


Fig. 6. Real vs. Simulated TPH process.

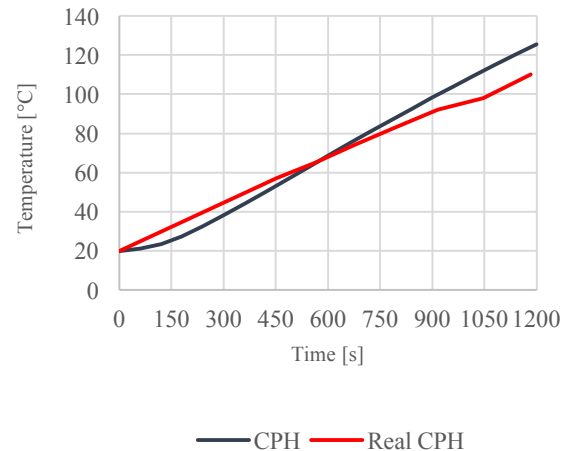


Fig. 7. Real vs. Simulated CPH process.

Table 3. Tuned values for boundary conditions - Die Simulation.

Power per – node	3.4 [W]
Film coefficient – air	20 [W·m ⁻² ·K ⁻¹]
Film coefficient – base	50 [W·m ⁻² ·K ⁻¹]

After running several simulations, a comparison between the obtained and real-life values was performed. As a result, tuned values for HTC regarding the extrusion die faces in contact with air and the metallic base can be proposed. These values are enumerated in Table 3.

In Fig. 6 and Fig. 7, the similitude between simulated and real life values are graphically described. However, in Fig. 6, auxiliary lines are needed for further Proportional Integrative Derivative (PID) analysis.

2.6 PID parameters

As the extrusion die has to reach a specific temperature, a controller is installed to the power supply in order to establish a set point (desired temperature). For this specific experiment, a PID controller was installed and tuned to proceed with the real life process. However, the tuning process could be improved by using parameters obtained from the simulation.

For computing PID parameters, the Ziegler Nichols method [13] was used. From the S-shaped response curve, T and L were obtained to calculate the gain, integral and derivative time given. Assuming $L \approx 100$ and $T \approx 725$ from Figure 6, Table 4 shows the computed values.

Table 4. PID parameters for the controller [14].

	Kp	Ti	Td
Original formula	1.2T/L	2L	0.5L
PID parameters	8.7	200	50

Finally, the resulting values for the PID controller can be tested to measure the time that the extrusion die takes to reach the setting point.

3 CONCLUSIONS

The present study described and analyzed the thermal modelling and the heating process control of an extrusion die using MARC Mentat finite element software for the simulation. A temperature distribution was obtained in a three-dimensional half of a die model. Due to the losses, the temperature distribution is not uniform in every part of it. The temperature is comparatively high at the top, whereas it is cold at the bottom. This fact is explained by the specific location of the heating element as well as the coefficients used for heat losses. Studying multiple tables from theory a value of $20 [W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$ and $50 [W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$ were assigned to the die faces in contact with the air and in contact with the metallic base, respectively. Moreover, a parameter study was performed for obtaining the heating power variation from 200 to 400 W.

Several iterations were run before stating the final values. Two different scenarios were identified as "Continuous" and "Temporal" power heating. Real values were also analyzed for the same cases. The values applied on one type of simulation fitted as accurate as possible with the second scenario.

Finally, real values and values obtained through the simulation were compared to obtain optimal PID parameters for the process. These suggested values are fundamental for a better and faster performance of the system.

4 REFERENCES

[1] R. Z. Valiev and T. G. Langdon, "Principles of equal-channel angular pressing as a processing tool for grain refinement," *Progress in materials science*, vol. 51, no. 7, pp. 881-981, 2006.

[2] E. P. DeGarmo, J. T. Black, R. A. Kohser and B. E.

Klamecki, *MATERIALS AND PROCESS IN MANUFACTURING*, Prentice Hall, 1997.

[3] A. D. Polyanin and V. E. Nazaikinskii, *Handbook of linear partial differential equations for engineers and scientists.*, CRC press, 2015.

[4] Y. A. Cengel and M. A. Boles, *Fundamentals of Thermodynamics*, New York: McGraw-Hill, 2002.

[5] A. F. Mills, *Basic heat and mass transfer*, Los Angeles: Irwin Inc, 1995.

[6] © OMEGA, "Temperature Process Controllers," OMEGA Global, [Online]. Available: <http://www.omega.com/prodinfo/temperaturecontrollers.html#learn>. [Accessed 29 April 2017].

[7] A. Bevacqua, A. E. Medvedev, A. Molotnikov, R. Axe and R. Lapovok, "Possibility to Predict Extrusion Die Incidental Fracture by Finite Element Simulation," *Advanced Engineering Materials*, vol. 19, no. 3, 2017.

[8] M. Bauser and K. Siegert, *Extrusion*, ASM International, 2006.

[9] T. Lestina and R. W. Serth, *Process heat transfer: principles, applications and rules of thumb*, Academic Press, 2010.

[10] Marc® MSC Software User Guide, *Demonstration Problems*, Munich, 2016.

[11] C. Kothandaraman and S. Subramanian, *Heat and Mass Transfer Data Book*, New Delhi: New Age International Ltd., 2014.

[12] © Thermopedia, "HEAT TRANSFER COEFFICIENT," Thermopedia TM, 2 February 2011. [Online]. Available: <http://www.thermopedia.com/content/841/>. [Accessed 2017 April 14].

[13] O. Katsuhiko, *Moderon Control Engineering*, New Jersey: Prentice Hall, 2010.

[14] D. Richard C. and B. Robert h., *Modern Control Systems*, Singapore: Pearson, 2008.

Similar and Dissimilar Resistance Spot Welds of DP600 and X8Cr17 steels sheets: Welding Current and Fracture Toughness

Hassanen Jaber^{1,2}, Tünde Kovacs³

1-Doctoral School on Materials Sciences and Technologies, - Óbuda University, Hungary.

2- Engineering College, University of Thi-Qar, Nasiriyah, Iraq.

3-Donát Bánki Faculty of Mechanical and Safety Engineering- Óbuda University, Hungary.

hassen.jaber@bgk.uni-obuda.hu

Abstract — This paper presents an experimental study on the fracture toughness in similar and dissimilar dual phase and ferritic stainless steel sheets. The sheet materials were joined by using resistance spot welding as a lap joint. Tensile-shear tests were applied to the welded specimens. The variation of the nugget diameter according to welding current was investigated. Also, the microhardness distribution was investigated. The results were discussed and plotted as graphs.

Keywords: Fracture Toughness; Dual Phase Steel; Ferritic Stainless Steel; Resistance Spot Welding.

1 INTRODUCTION

Joints between dissimilar metals are particularly common in components used in the automotive industries, dissimilar welding represents a major scientific and technical challenge [1].

In 1994, an international consortium of sheet steel producers comprised of 35 companies from 18 countries started the Ultra Light Steel Auto Body project (ULSAB) to explore opportunities for weight saving in automotive components. The (ULSAB) project has shown that car body mass can be reduced by 25% and 14 % less cost using advanced high-strength steels (AHSS) and innovative processes [2,3]. It is anticipated that AHSS usage in automotive bodies will climb to 50% by 2015 [4].

Dual phase (DP) steels are one of the most common AHSS steels. DP steels, which consist primarily of a ductile ferrite phase and a strong martensite phase, provide excellent mechanical properties in commercial high-strength low-alloy steels. Compared with carbon steels, DP steels exhibit a number of unique mechanical properties such as slightly lower yield strength and more uniform and higher total elongation, which is responsible for their relatively good formability. These properties, combined with high

strengths, have made DP steels attractive for automotive applications [5,6]. In recent years, DP600 applications are widely used in different automobile models such as Porsche Cayenne and VW Touareg [7]. Fig. 1 illustrates The automobile parts in which DP 600 steel is used [8].

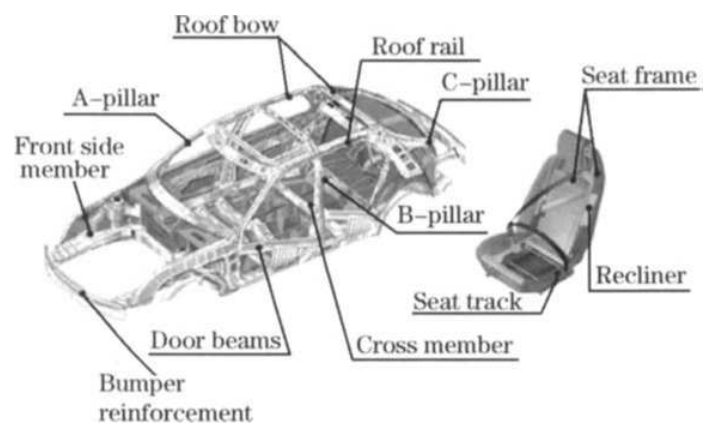


Fig. 1 The automobile parts in which DP 600 steel is used [8].

Although austenitic stainless steel has common use, ferritic stainless steel (X8Cr17) has many advantages. Firstly, ferritic stainless steels are more economic because they do not contain nickel which is an expensive alloy. Ferritic stainless steels have good corrosion resistance with good formability and ductility. They are magnetic and have low thermal expansion. Due to these advantages, X8Cr17 have been widely used in automotive components [9,10]. It is interesting to note that AISI 430 X8Cr17 is widely accepted for use in structural frameworks and body panelling of buses and coaches [11].

Resistance spot welding is a widely used and important welding process in automotive body construction because of its low cost, easy automation, minimum skill

requirements, and robustness to part tolerance variations. Typically, there are about 2000-5000 spot welds in a modern vehicle [12]. Mechanical properties and performance of resistance spot welded joints are generally considered under static or quasistatic loading condition. The tensile-shear is the most widely used tests for evaluating the spot weld mechanical performance in static conditions. More cracks and failures tend to occur around these welds, in the heat-affected zone (HAZ), because those joints are exposed to dynamic and static loads in the automobile structures [13].

Fatigue life for a spot weld is often expressed in terms of stress density, or stress intensity factor. These quantities are used to predict fatigue life of resistance spot welding. The factors such as shear stress acting in RSW zone, sheet thickness, multi pass welding, and the width of the welding zone are the important parameters that affect the performance of the joint[14]. The fracture of a material is studied in three different modes [15]. These are opening mode, sliding mode, and tearing mode, (Fig. 2) with associated intensity factors, where K_I , K_{II} , K_{III} , respectively. Pook [16] investigated the fracture behaviour of spot welds using the expressions developed by Paris, Sih, and Kassir [17, 18] based on elliptical connections, in spot-welded joints. Pook developed the stress intensity factor equation for spot weld.

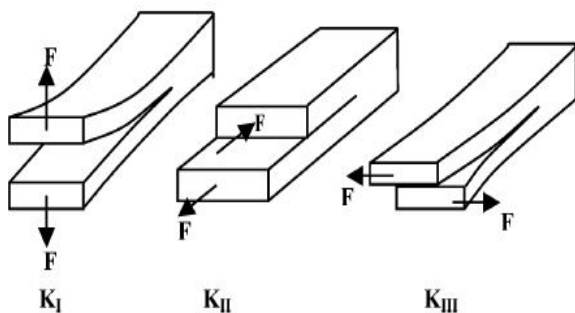


Fig. 2 Basic fracture modes: K_I opening mode; K_{II} shearing mode; K_{III} tearing mode [15]

$$K_{II} = \frac{F}{(D/2)^{3/2}} \left\{ 0.282 + 0.162 \left(\frac{D}{t} \right)^{0.710} \right\} (\text{MPa}\cdot\text{m}^{0.5}) \quad (1)$$

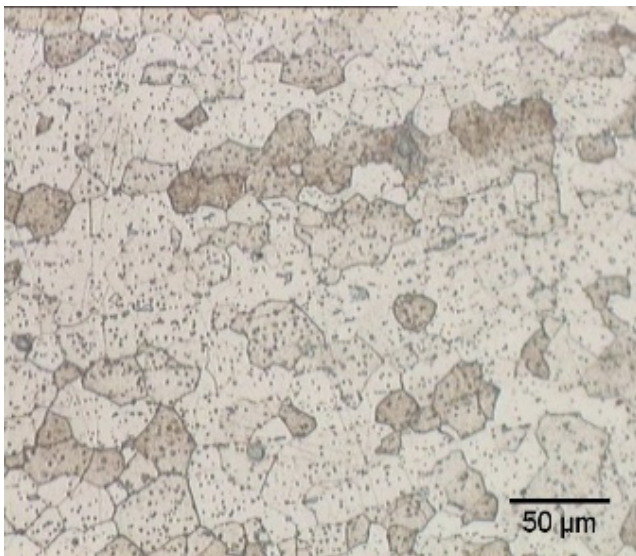
Where F is the tensile-shear force, D is the weld diameter, t is the sheet thickness. Zhang [19,20] studied the spot weld joints between sheets of dissimilar materials and different thickness. He found the relations between the J integrals and stress intensity factors for sheets of either the same thickness or different thickness. He offers equations to compute the stress intensity factors for spot welds of dissimilar materials.

$$K_{II} = \frac{2F}{\pi D \sqrt{t}} (\text{MPa}\cdot\text{m}^{0.5}) \quad (2)$$

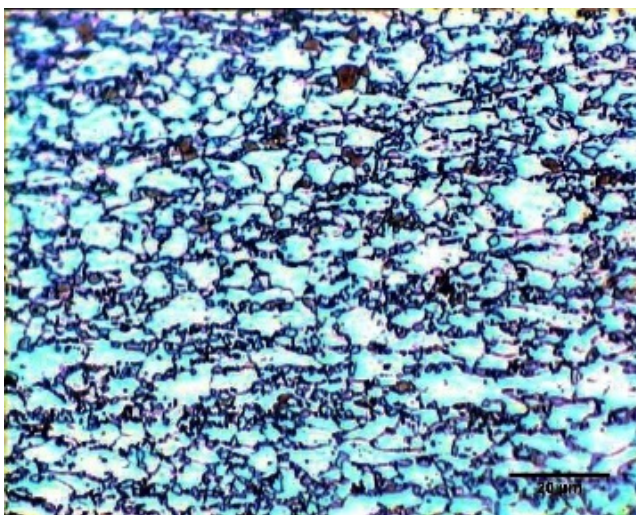
Bae et al [21]. proposed a model for predicting fatigue life of the spot welds by considering the welding residual stresses. Their results showed that the fatigue limit calculated here is 25% less than the fatigue limit calculated without considering the residual stresses. Khan et al. [22] reported that the RSW fatigue performance of the dissimilar materials HSLA350/DP600 was similar to the fatigue performance of HSLA350/HSLA350.

2 EXPERIMENTAL PROCEDURE

A 1.5 mm thick DP600 dual phase steel and a 1.5 mm AISI 430 ferritic stainless steels sheets were used as the base metals. The initial microstructures of base metals are given in Fig. 3. The chemical composition of the base metals which was determined using a standard quantumeter were (0.07C, 1.52Mn, 0.008P, 0.011S, 0.048Si, 0.1Cr, 0.02 Mo, 0.02Mo, 0.01V, 0.005Nb, 0.05Cu) for DP600 and (0.05C, 0.48Mn, 0.028P, 0.005S, 0.28Si, 16.9Cr, 0.2Mo, 0.006V, 0.003Nb, 0.16Cu, 0.16Ni) for X8Cr17. The mechanical properties of the base metals were determined using a standard tensile test in accordance to ASTM E8M [23]. Table 2 shows the mechanical properties of the investigated steels. Resistance spot welding was performed using a PLC controlled, 120 kVA AC pedestal type resistance spot welding machine. Welding was conducted using a 45° truncated cone RWMA Class 2 electrode with 8 mm face diameter.



a: X8Cr17



b: DP600

Fig. 3. The initial microstructures of base metals.

Table (2) Mechanical properties of (DP600) and (X8Cr17).

	YS, MPa	UTS, MPa	EL, %
DP600	400	670	24
X8Cr17	330	490	33

*YS is yield strength; UTS is ultimate tensile strength; EL is elongation.

Welding process was carried out with a constant electrode pressure of 4 bar depending on specimen thickness. Squeeze, welding and holding time were kept constant at 45, 15 and 10 cycles, respectively. Welding current changed step by step from 6 to 13 kA. Three samples were spot welded for each current used for the tensile–shear tests.

In order to evaluate the fracture toughness of the spot welds, the tensile-shear test was performed. The tensile-shear test samples were prepared according to ANSI/AWS/SAE/D8.9-2012 standard [24]. Fig. 4 shows the tensile-shear sample dimensions. The tensile-shear tests were performed at a cross head of 2 mm/min with a 20 ton Instron universal testing machine.

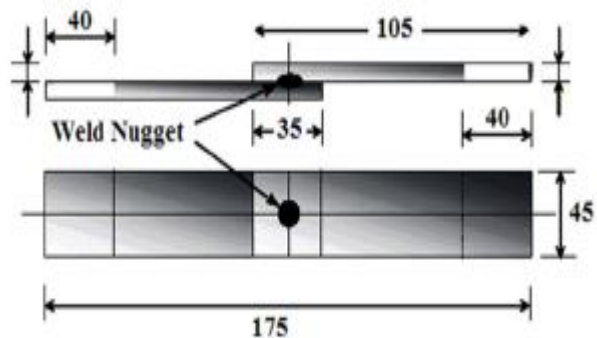


Fig. 4. Tensile-shear test sample dimensions (mm) [24]

The fracture force of the welded parts was determined from the data obtained in the tensile-shear tests. The nugget diameters were measured, where a minimum and maximum axes across these zones were measured using a digital calipers (Fig. 5). Three measurements were performed for each of the sample. Mean values of the measurements were taken as nugget diameter. Equation 1 and 2 were used to calculate the fracture toughness values (K_{IIC}) for similar and dissimilar resistance spot welds, respectively.

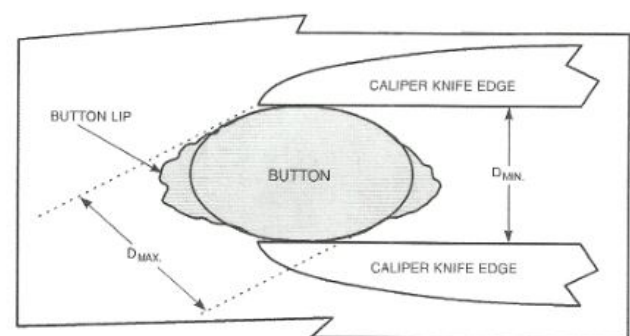


Fig (5): Technique for measuring fusion zone size [24].

3 RESULT AND DISCUSSION

As shown in Fig. 6, when the weld current is increased, the fracture toughness increases due to the increasing of fusion zone size and fusion penetration depth until a critical weld current. After that value, fracture toughness decreases

because of the expulsion at the faying interface shown in Fig. 7. Spot welds with expulsion exhibit severe decreasing of fusion zone size and fusion penetration depth.

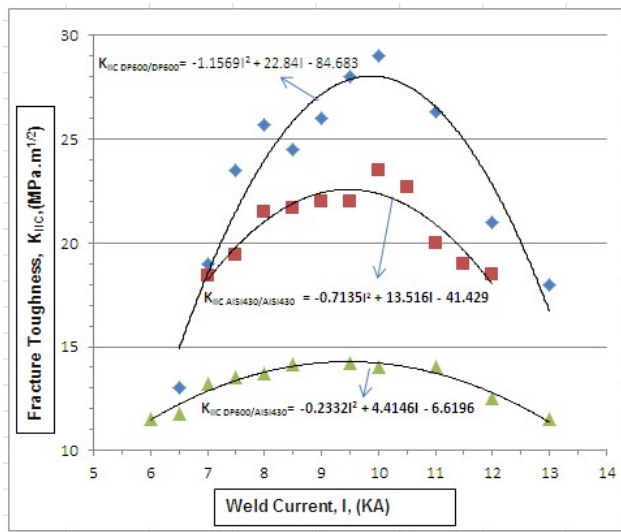


Fig. 6. Fracture toughness (K_{IIC}), versus weld current(I) for DP600/DP600, X8Cr17/ X8Cr17 and DP600/ X8Cr17 RSW.



Fig. 7: Expulsion trace in the DP00/ X8Cr17 RSW.

The difference of fracture toughness of similar combinations (DP600/DP600 and X8Cr17/X8Cr17) comes from difference of base metal strength, microstructure of fusion zone (FZ), and hardness profiles of RSW zones.

Fig. 6 showed that the fracture toughness of the DP600/DP600 joint is ($27 \text{ MPa.m}^{0.5}$) which is higher than that of the X8Cr17/X8Cr17 ($23 \text{ MPa.m}^{0.5}$), due to the former's higher base metal strength (UTSDP= 670 MPa, UT SX8Cr17 = 490 MPa). On the other hand, fracture

toughness of dissimilar combinations DP600/ X8Cr17 is ($18 \text{ MPa.m}^{0.5}$) which is lower than that of the similar combinations (DP600/DP600 and X8Cr17/ X8Cr17). The one reason for this result is heat unbalance between the steel sheets which occurs during spot welding operations of steel sheets having different material properties, especially electrical resistance. Due to the heat unbalance, the nugget between the sheets cannot occur symmetrically. Antisymmetric nugget formation decreases fracture toughness of the welded sheet combination as shown in Fig. 8. The second reason is due to the fact that the equations using to compute the fracture toughness for spot welds of dissimilar materials difference form the equations using to compute the fracture toughness for spot welds of similar materials.

Fig. 9 shows the hardness profile of DP600/DP600, X8Cr17/X8Cr17 and dissimilar combination of DP600/X8Cr17. As can be seen in Fig. 8, the FZ hardness increases in order of X8Cr17/X8Cr17, DP600/ X8Cr17 and DP600/DP600. The difference in the FZ hardness of the similar and dissimilar combinations is influenced by the chemical composition and the microstructure of the FZ. Fig. 10 shows typical FZ microstructures of similar and dissimilar combinations. The chemical composition of the FZ is a mixture of the composition of each of the base metals. Hence, the FZ hardness is affected by the mixing/dilution degree of the base metals.

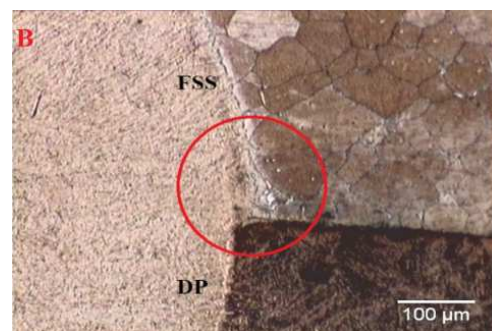
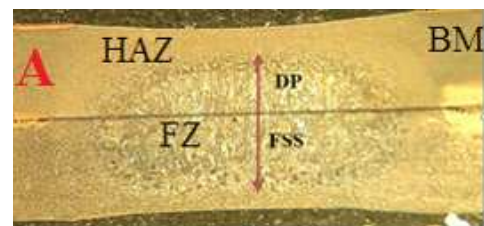


Fig. 8: (a) Typical macrostructure of DP/X8Cr17 resistance spot welds, (b) the joint region between DP and X8Cr17.

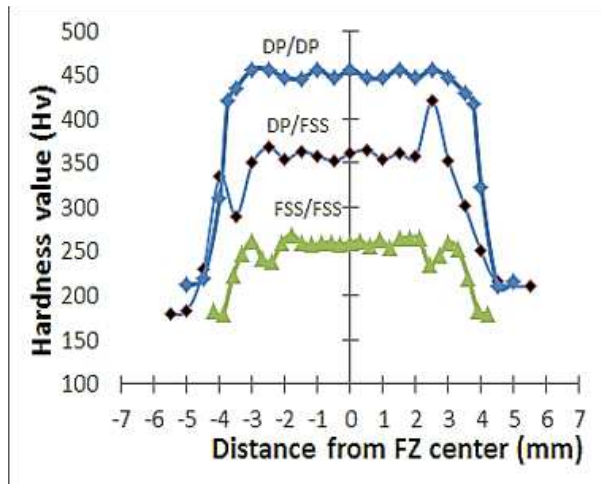


Fig (9): Typical hardness profiles of DP600/DP600, DP600/ X8Cr17 and X8Cr17/ X8Cr17 combinations.

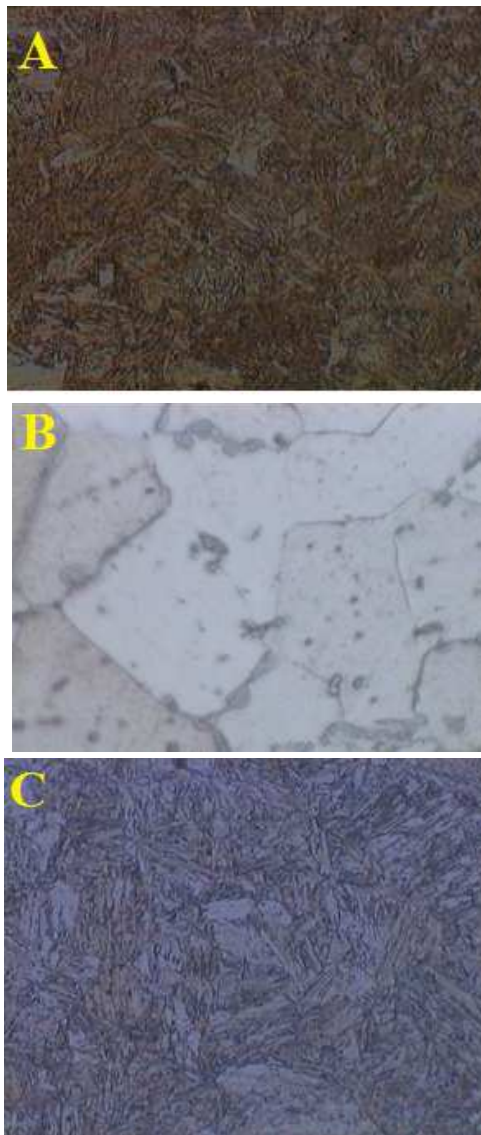


Fig. 10. Typical FZ microstructure of (a) DP600/DP600, (b) DP600/ X8Cr17 and (c) X8Cr17/ X8Cr17 RSWs.

CONCLUSIONS

- 1- Fusion zone size was proved to be key factor controlling mechanical properties of DP600/DP600, DP600/ X8Cr17 and X8Cr17/X8Cr17 welds in terms of fracture toughness and peak load.
- 2- Due to excessive welding heat input, where expulsion occurs, the peak load is significantly reduced. Significant reduction of failure energy can be attributed to the reduction of weld fusion zone at high welding current.
- 3- The fracture toughness of spot weld is not only dependent on the nugget diameter but also depends on sheet thickness, tensile rupture force, and welding current.

REFRENACE

- [1] 1- M.M.A. Khan and L. Romoli, G. Dini, (2013). Laser beam welding of dissimilar ferritic/martensitic stainless steels in a butt joint configuration: *Optics & Laser Technology*, Vol 49, pp.125–136.
- [2] American Iron and Steel Institute(AISI), (2006). *UltraLight Steel Auto Body*. ULSAB Final Report, Washington, DC.
- [3] M. Marya and X. Q. Gayden. (2005). Development of Requirements for Resistance Spot Welding Dual-Phase (DP600) Steels Part 1 — The Causes of Interfacial Fracture: *Welding Journal*, Vol 84, pp. 173s-182s, November.
- [4] M. Tumuluru, (2006). Resistance Spot Welding of Coated High-Strength Dual-Phase Steels: *Welding Journal*, (Miami, Fla), Vol 85, PP. 31-37, August.
- [5] C. Ma, D.L. Chen, S.D. Bhole, G. Boudreau , A. Lee , E. Biro. (2008). Microstructure and fracture characteristics of spot-welded DP600 steel: *Materials Science and Engineering A* Vol 485, PP. 334–346.
- [6] X. Sun, E. Stephens and M. Khaleel (2008). Effects of fusion zone size and failure mode on peak load and energy absorption of advanced high strength steel spot welds under lap shear loading conditions: *Engineering Failure Analysis*, Vol 15, pp. 356–367.
- [7] H. Hofmann, D. Mattissen, T. W. Schaumann (2006). Advanced cold rolled steels for automotive applications: *Mat.-wiss. u. Werkstofftech*, Vol 37, No. 9, PP. 716-723.
- [8] F. Hayat (2011). Comparing Properties of Adhesive Bonding Resistance Spot Welding and Adhesive Weld Bonding of Coated and Uncoated DP 600 Steel: *Journal Of Iron And Steel. Research, International*. Vol 18, No 9: PP. 70-78.
- [9] Hoon-Hwe Cho, Heung Nam Han, Sung-Tae Hongb, Jong-Hwan Park, Yong-Jai Kwon, Seok-Hyun Kim, Russell J. Steel (2011). Microstructural analysis of friction stir welded ferritic stainless steel: *Materials Science and Engineering A* Vol 528, PP. 2889–2894.
- [10] M. Bilgin , C. Meran (2012). The effect of tool rotational and traverse speed on friction stir weldability of AISI 430 ferritic stainless steels: *Materials and Design*, Vol 33, pp. 376–383.
- [11] P. Snelgrove (2012). *Stainless steel automotive and transport developments*. International Stainless Steel Forum, www.worldstainless.org
- [12] Ugur Ozsarac (2012). Investigation of Mechanical Properties of Galvanized Automotive Sheets Joined by Resistance Spot Welding: *Journal of Materials Engineering and Performance*, ASM International, Vol 21, PP. 748–755.

- [13] M. Pouranvari, S.P.H. Marashi, D.S. Safanama (2012). Susceptibility to interfacial failure mode in similar and dissimilar resistance spot welds of DP600 dual phase steel and low carbon steel during cross-tension and tensile-shear loading conditions: *Materials Science and Engineering A* Vol 546, PP. 129– 138.
- [14] I. Sevim (2006) Effect of hardness to fracture toughness for spot welded steel sheets: *Materials and Design*, Vol 27, pp.21–30.
- [15] Lawn B (1993). *Fracture of brittle solids printed in Great Britain*, 2nd ed. Cambridge: University Press.
- [16] Pook LP (1975) Fracture mechanics analysis of the fatigue behavior of spot welds. *Int J Fract* 11:173–176.
- [17] Paris PC, Sih GC (1965) *On fracture toughness testing and its application*, ASTM STP381. ASTM, Philadelphia, p30.
- [18] Kassir MK, Sih GC (1968) *Int J Fract Mech* 41:347–353.
- [19] Zhang D. (1997). Stress intensities at spot welds. *Int J Fract* ;88:167–85.
- [20] Zhang D. (1999). Stress intensities derived from stresses around a spot weld. *Int J Fract* ;99:239–57.
- [21] D. H. Bae, I. S. Sohn and J. K. Hong (2003). Assessing the effects of residual stresses on the fatigue strength of spot welds., *Weld J*, 82, 18s–23s.
- [22] Khan MS, Bhole SD, Chen DL, Biro E, Boudreau G, Deventer J (2009). Welding behaviour, microstructure and mechanical properties of dissimilar resistance spot welds between galvanized HSLA350 and DP600 steels: *Sci Technol Weld Join* 14:616–25.
- [23] Standard Methods of Tension Testing of Metallic Materials, E 8. Annual book of ASTM standards, vol. 03.01. ASTM, Philadelphia; 2004.
- [24] ANSI/AWS/SAE/D8.9-2012 " Test Method For Evaluating The Resistance Spot Welding Behavior of Automotive Sheet Steel Materials", American Welding Society, 2012.

Technology specific geometric analysis of titanium alloy

Klaudia Kulcsár*, János Kónya**

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

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

kulcsar.klaudia@dentarttechnik.hu

labor@dentarttechnik.hu

Abstract

This study introduces the specific geometric analysis of titanium alloys produced by casting and laser sintering. It extends to material structural problems that occur during casting and 3D printing. Furthermore, it reveals the aspects influencing geometrical features.

Casting process is based on lost-wax precision casting, where the model can be burned out from the embedding wax without the formation of sludge. The model can be designed and produced manually or virtually. This study extends to virtual-design computer models, because these can be examined exactly. Therefore the designed model can be compared to the real-life, produced model.

The complexity of lost-wax precision casting process can lead to errors. A significant problem is caused by thermal deformation, which originates from the silica-based ceramic material. Subsequently the material will not deform linearly and shape defects will occur. The other main cause is the metal's solidification shrinkage during casting process, which can be directly measured after heat treatment. After 3D printing process (Laser Metal Fusion) of metals i.e. additive manufacturing, flaws can arise due to incorrect post-production heat treatment. This can result in remaining stresses in the material.

The additive manufacturing process generates shape defects originating from the melting of each layer. These shape defects can be excessive surface roughness and rounded corners. This study also compares the material structural features of the two manufacturing technologies.

Keywords: Titanium, Casting, Laser Metal Fusion, Additive Manufacturing

1 INTRODUCTION

This study introduces the specific geometric analysis of titanium alloys produced by casting and laser sintering. It extends to material structural problems that occur during casting and 3D printing. Furthermore, it reveals the aspects influencing geometrical features. The study presents models designed in a virtual computer environment, because this makes exact experimentation possible. Furthermore, it extends to the geometric comparison of the two manufacturing technologies and their material structural differences. Apart from this, we mention the necessary post-processing steps connected to both of the two technologies.

This study presents the use of titanium in dental applications and the comparison of casting and additive

manufacturing technologies. In the past decades, titanium was subjected to great attention in both medical and dental industry because of its outstanding biocompatibility and adequate chemical, physical, and mechanical properties. Currently, there are several materials of choice in dentistry i.e. metals, polymers, and ceramics. Metallic materials became the most widely-used materials for dental prostheses because of their high strength and good processability.

1.1 Titanium dental implant

Since the end of the 1980s, surface evaluation of titanium and titanium alloys was carried out using electron spectroscopy. As surface properties of titanium implants substantially influence the response of neighbouring tissues. Keller *et al.* characterized titanium surfaces after different surface treatments like sterilizing, cleansing processes, and acid etching [1, 2]. The tested sterilization procedures did not show significant changes in the chemical composition and morphology of the surfaces. In case of acid etching, the surface of commercially pure titanium was covered by a 3-nm-thick titanium-oxide layer. The same oxide layer thickness was 8 nm on the surface of Ti-6Al-4V alloy. Cleansing procedures were carried out using deionized water. During these, it was revealed that the surface of titanium alloy (Ti-6Al-4V) was followed by tendencies resembling commercially pure titanium [3, 4].

Cell and tissue reactions of titanium and titanium alloy implants were thoroughly investigated both in vitro (an experiment performed outside the living organism) and in vivo (within a living organism). At the University of Iowa, several studies have appeared dealing with cell and tissue reactions on titanium surfaces with additional surface evaluations [5, 6]. The effect of titanium's surface roughness on cells were investigated, but no consistent result was found [7]. Higher adhesion was detected on sand-blasted surfaces compared to smooth surfaces [8]. Research team at University of Kentucky developed electrophoresis compression technique for implant production. [9] These implants showed rapid bone infiltration and optimal osseointegration properties. [10,11].

1.2 Precision casting process of titanium

First titanium casts were produced in 1954 in the United States [12]. Lost-wax casting, which was introduced in the middle of the 1950s, has become the dominant processing technology of titanium [13]. During this procedure, the wax casting mould was created with injection moulding.

Afterwards, the wax specimen was covered with ceramic coatings. The main properties of these coatings were low reactivity, and high thermal resistivity resultant from molten titanium. The more reactive is the frontal area, the thicker surface layer of α -phase was formed. The sequential layering of embedding coatings was carried out until the casting mould became strong and hard enough for further processing. Each ceramic layer had to be dried and conditioned in constantly checked temperature and humidity. After finishing the ceramic casting mould, the embedded wax specimen was smelted then burned out [14]. The casting process took place in vacuum, where molten titanium was poured into the ceramic embedding material and the casting mould. After the removal from the furnace, the solidified material was prepared for isostatic pressing. Isostatic pressing (uniformly pressed from all sides) is a possible solution for compressing materials, and happens under gas atmosphere [15]. The aim of the isostatic process was the elimination of internal pore defects [16]. Following that, casts were tested in order to find possible defects. These defects could be surface defects or inclusions [17, 18]. Surface defects were removed by grinding and polishing. Internal voids and inclusions were corrected with TIG (Tungsten Inert Gas) welding.

PROCESS OF 3D PRINTING

Selective laser melting is an additive manufacturing technology that appeared in the end of the 1980s and the beginning of the 1990s [19-21]. 3D printing provides several advantages compared to conventional manufacturing technologies, for example the reduction of processing steps, flexibility, and efficient material use. Due to the layer-by-layer buildup, 3D printing can create parts with high geometric complexity. However, the special circumstances during the process raise certain problems as well [22]. Previous studies have been investigating different process parameters during 3D printing. The effects of layer thickness, scanning distance, scanning strategy, laser power, and scanning speed on microstructure, mechanical properties [23-27] and other properties, such as density and surface quality were investigated [28-31]. Other studies were focusing on process optimization and monitoring [32-34].

2 MATERIALS AND METHODS

2.1 Casting of specimens

The specimens to be examined were created with a Dentaurem Universal 230 Autocast casting unit.

Production is based on a previously designed pattern. The wax pattern is embedded after adequate structural tension release. The embedding material and the casting pattern are burned out in a furnace. Afterwards, molten titanium is poured into the place of the inserted pattern with the use of a vacuum pressure casting unit. Melting and casting takes place in a modified atmosphere. Following the casting procedure, embedding material is removed from the cast. Then its positioning of to the specimen is carried out. Surface finishing is done manually. After this, we examine the specimen with the help of a micro CT to check porosity. There are certain difficulties in connection with the casting technique of titanium and titanium alloys. These problems can emerge because of the high melting point of titanium - approximately 1660°C -, and its high reactivity with the environment and the embedding material. Titanium and its alloys easily react with different gas particles e.g.

hydrogen, nitrogen, and oxygen. Their melting at high temperatures is performed in argon atmosphere to prevent impurities and brittlement. The aims of the use of open-pore embedding material are to avoid interface reactions, and to create vacuum and gas flow inside the specimen. Passive embedding materials that contain refractory oxides are frequently used. Titanium cannot be casted by conventional techniques as it is oxidized at a temperature lower than its melting point. Thus, titanium casting is performed in an argon atmosphere. The material used for casting process is commercially pure Grade I titanium. Grade I titanium is the first among the four groups of commercially pure titanium materials. It has the lowest hardness, inferior mechanical properties, best deformability, outstanding corrosion resistance, and the highest impact resistance.

2.2 3D printing of specimens

3D printed specimens were produced by a Sisma Mysint100 additive manufacturing unit. This printer uses LMF (Laser Metal Fusion) technology. LMF technology is used to produce complex metallic parts from a metal powder. A laser melts the titanium powder layer by layer to create the given geometry. One of the advantages of this technology is that geometric design has almost no constraints here. Thus, special shapes and unique parts can be created rapidly, flexibly, and cost-effectively. The chosen material was Ti-6Al-4V ELI, Grade23, which is the high-purity variant of Ti-6Al-4V (Grade5). Among its advantages, we can mention for example its high strength, low specific weight, good corrosion resistance, and high toughness. It can be used in biomedical applications, i.e. implants, because of its good biocompatibility and low elastic modulus.

3 RESULTS

3.1 Defects originating from 3D printing

In case of 3D printing, faults can originate from design or software problems. Human errors include the improper choice of metallic powder, and laser scanning strategy. In the following, we present some possible faults that result in defective 3D-printed parts.

Figure 1. presents a conventional ceramo-metallic partial denture, which was designed by a dental technician with a 3D design softwar. It was sent in an STL file format for laser sintering. It is possible that the model seems to be perfect for the dental technician during the design process. Even detailed inspection cannot always reveal problems that should be corrected. However, if the model is checked by the software, diverse model faults can be detected. The purple-coloured area appears if the program detects too small surface areas, inversely oriented vectors, or double faces. These are all called surface defects.

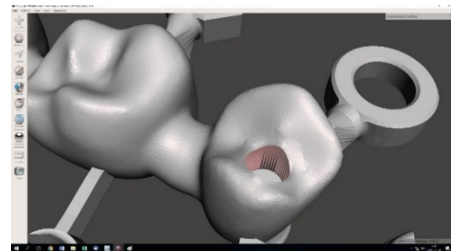


Fig. 1 a): Conventional ceramo-metallic partial denture, which was designed by a dental technician with a 3D design softwar

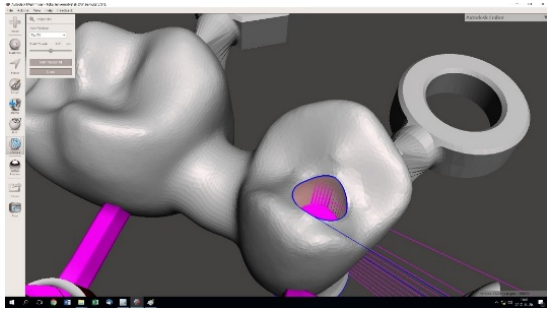


Fig. 1 b): The purple-coloured area means surface defects on the modell

The type of surface defect mentioned above can also be observed in the following figures, which show the 3D model of impression heads. It is important to mention here that the previously shown model was designed with a simpler dental design software, while the model of the impression heads shown in Figure 2 was created with a professional engineering design software. However, faults can also be found on this model. Based on this, we know that it is no matter where the model is coming from or what type of design method was chosen, all models have to be checked without any preconceptions. Purple colour highlights surface errors, while red colour suggests volumetric faults. In the 2 a) figure, the original model can be observed with highlighted errors. The 2 b) figure shows the model after going through the automatic repair mechanism of the software. It is conceivable that the automatic repair mechanism was not working properly in this case. It produced incoherent, unusable models. In this case, there are two possible options: the complete re-design of the model with great emphasis on the probable errors, or the step-by-step manual repair of the errors.

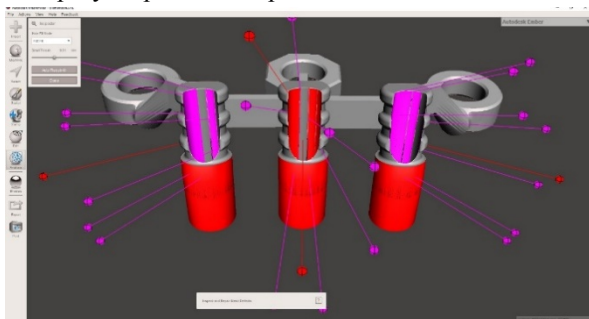


Fig 2 a): The original model with highlighted errors

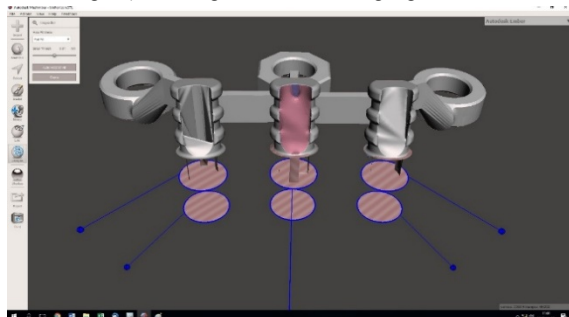


Fig. 2 b): The model after going through the automatic repair mechanism of the software

Such a case can also happen when the model itself is structurally perfect, there are no design faults present, but the CAM program of the laser sintering unit does not allow us to place the support material to certain

intended positions. It means that the design software generated the triangles - which make up the STL model file - in such a way that we are not able to position the support material to certain areas. This difficulty can cause insufficient support later. As a result of this, the product manufactured by the 3D printer is going to be defective. In figure 3, the blue rectangle shows the desired positions of the supporting material, but the software places them to outside areas. This case requires some level of correction to get the sufficient model support.

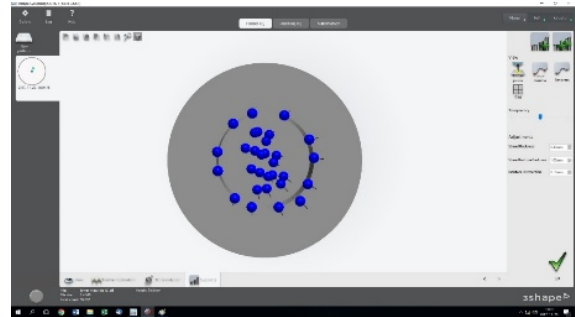


Fig. 3 a): The CAM program of the laser sintering unit does not allow us to place the support material under the model to certain intended positions.

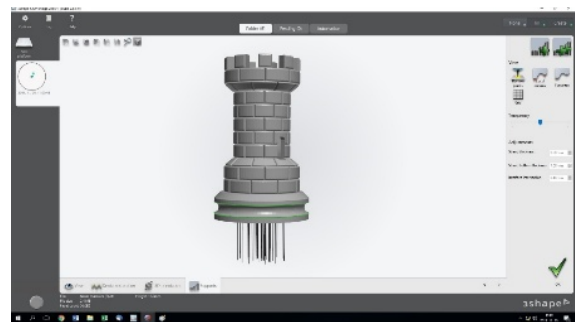


Fig. 3 b): The model and the supports front-wise

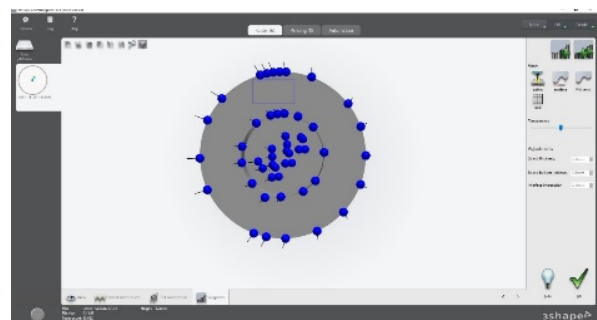


Fig. 3 c): This case requires some level of correction to get the sufficient model support

The following disc specimen presents the results of inadequate support structures. The support structure disintegrates, and as a result of this, the disc is elevated from the platform. Then, printing process continues in this defective way. During melting and solidification of particles, shrinking material tears up the previously solidified metal particles.

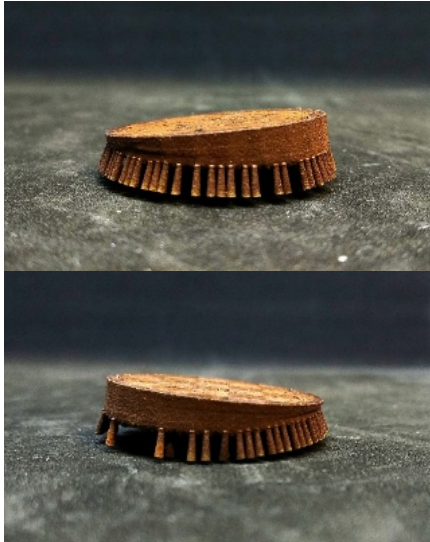


Fig. 4: The results of inadequate support structures

3.2 Defects originating from casting process

Casting problems usually originate from human errors. In the following, some possible faults are presented.

Figure 5, shows a cracked embedding material. This kind of failure can be the result of the following problems: thermal dilatation, heating and firing temperature problems, insufficient embedding material, or heat distortion.



Fig. 5: Cracked embedding material

The following figures show a workpiece with argon gas generated casting cavities. These kinds of gas bubbles can be induced by the inadequate choice of pressure or insufficient vacuum. As a result of this, the part's surface was perforated as visible on Figure 6.



Fig. 6: Workpiece with argon gas generated casting cavities

Figure 7 shows a defect originating from the cracking of the embedding material. It is a gypsum/silicate based special embedding material for titanium. The crack could appear in the furnace or during the casting process when pressure was applied by the machine.



Fig. 7: A defect originating from the cracking of the embedding material

A surface defect can occur due to argon gas bubbles, which is shown in Figure 8. Figure 8 shows a cortically supported individual implant with small bubbles present. Figure 8 demonstrates a magnified image of the bubble and the surface. Air bubble lodged in the embedding material results in a positive surface defect if the part was embedded in vacuum atmosphere. These surface defects can be eliminated by grinding and polishing the surface.



Fig. 8: A cortically supported individual implant with small bubbles present

Inclusions can be detected by CT imaging, which were carried out in Széchenyi István University. Next figure shows a cortically supported individual implant. Inclusions

are detected by CT imaging, then the problem is eliminated with the utilization of laser welding. The disadvantage of laser welding is its long process time, during which the frame is weakened and it can possibly break as well.



Fig. 9 a): A cortically supported individual implant



Fig. 9 b): Inclusions can be detected by CT imaging

4 SUMMARY

In conclusion, we assume that laser sintering is going to replace titanium casting as a processing technology in dental applications in the near future. The homogeneity of products created by additive manufacturing processes is more uniform. The external geometry is going to be identical to the designed part. Defects (surface, contour, corners) originating from metallic 3D printing and melting strategy are familiar. Optimal process parameters can be determined. Different surface topology and roughness characterizes external surfaces. Support, side, and closing surfaces are distinguished. The post-processing of 3D printed products is simple, and can be carried out by manual processing. In case of casting, spruing and embedding have a key-role. During casting, inclusions can be formed inside the structure. A special embedding material is needed, which is more expensive compared to other embedding materials. Post-processing is complicated, complex, and therefore requires professional manual experience and skills. However, this also does not guarantee the preciseness of the finished product. 3D printing is more productive and structures can be manufactured in shorter time interwalls. The price of the laser sintering unit and its support equipment is considerably higher compared to the casting machine with its support units. Although in the long run, this investment will pay off. And as we can see, additive technologies are becoming widespread in the medical field.

REFERENCES

- [1] Keller, J. C., Draughn, R.A., Dougherty, W. J., & Wightman, J. P. (1988). Characterization of commercially pure Ti surfaces. *J Dent Res* 677 (SI): Abstract No. 1610.
- [2] Draughn, R. A., Keller J. C., Wightman J.P., & Meletioui, S. D. (1989). Characterization of acid passivated cp Ti implant surfaces. *J Dent Res* 68 (SI): 276, Abstract No. 756.
- [3] Swart, K. M., Keller, J. C., Wightman J. P., Draughn, R. A., Stanford, C. M., & Mechaels, C. M. (1992). Shortterm plasma-cleaning treatments enhance in vitro osteoblast attachment to titanium. *J Oral Implantol* 18 (2): 130-137.
- [4] Keller, J. C., Weightman, J. P., & Draughn, R. A. (1991). Surface characterization of Ti-6Al-4V alloy surfaces. *J Dent Res* 70 (SI): 301, Abstract No. 285.
- [5] Keller, J. C., Draughn, R. A., Wightman, J. P., Dougherty, W. K., & Meletioui, S. D. (1990). Characterization of sterilized CP titanium implant surfaces, *Int J Oral Maxillofac Implants* 5 (4), 360-367.
- [6] Stanford, C. M., Keller, J. C., & Solursh, M. (1994). Bone cell expression on titanium surfaces is altered by sterilization treatments. *J Dent Res* 73 (5), 1061-1071.
- [7] Patel, M., Drake, D., & Keller, J. (1990). Bacterial adhesion to titanium implant surfaces: Development of an in vitro model. *J Dent Res* 69 (SI):369, Abstract No. 2085.
- [8] Wu-Yuan, C. D., Keller, J. C., & Eganhouse, K. (1992). Oral bacterial accumulation on titanium surfaces with different textures. *J Dent Res* 71 (SI): 145, Abstract No. 314.
- [9] Okazaki, K., Lee, W. H., Kim, D. K., & Kopczyk, R. A. (1991). Physical characteristics of Ti-6Al-4V implants fabricated by electrodischarge compaction. *J Biomed Mater Res* 25 (12). 1417-1429.
- [10] Kopczyk, R., Sammon, P., Geisler, R., Okazaki, K., Kim, D., & Domenici, J. (1991). Comparison of porous titanium and Ti-6Al-4V implants, *J Dent Res* 70 (SI): 367, Abstract No. 811.
- [11] Anderson, S., Drummond, J., Geissler, R., Okazaki, K., Kopczyk, R., Dominici, J., & Sammon, P. (1992). Osseointegration into porous titanium and titanium alloy implants. *J Dent Res* 71 (SI): 638, Abstract No. 980.
- [12] Beahl, R. A. et al. (1956). Production of Castings. *Bureau of Mines*. 42.
- [13] Eylon, D., & Froes, F. H. (1984). Titanium Casting – A Review. *Titanium Net Shape Technologies*. 155-178.
- [14] Martin, L., (2002). The Investment Casting Institute. *Advanced Materials and Processes*, 160 (1), 49.
- [15] Atkinson, H. V., & Davies, S. (2000). Fundamental Aspects of Hot Isostatic Pressing: An Overview. *Metallurgical and Materials Transactions*. 31A (12), 2981.
- [16] Magnuson J. (1977). Repair of Titanium Airframe Castings by Hot Isostatic Pressing. *Metallography*. 10, 223-232.
- [17] Cotton J. D., Clark, L. P., Reinhard, T. R., & Spear, W. S. (2000). Inclusions in Ti-6Al-4V Investment Castings. *Presentation at the AIAA Conference, Atlanta, paper AIAA-2000-1464*.
- [18] Veeck, S., Lee, D., & Tom, T. (2002). Titanium Investment Casting *Advanced Materials and Processes*, 160(1), 59-62.
- [19] Levy, G. N. (2010) The role and future of the Laser Technology in the Additive Manufacturing environment. *Physics Procedia*, 5, 65-80.
- [20] Kruth, J. (1991) Material Incess Manufacturing by Rapid Prototyping Techniques. *CIRP Annals – Manufacturing Technology*, 40, 603-614.
- [21] Kruth, J. P., Levy, G., Klocke, F., & Childs, T. H. C. (2007). Consolidation phenomena in laser and powder-bed based layered manufacturing. *CIRP Ann-Manuf. Technol.*, 56, 730-759.
- [22] Vrancken, B., Thijs, L., Kruth, J. P., & Humbeeck, J. V. (2012). Heat treatment of Ti6Al4V produced by Selective Laser Melting: Microstructure and Mechanical properties. *Journal of Alloys and Compounds*, 514, 177-185.
- [23] Murr, L. E., Quinones, A., Gaytan, S. M., Lopez, M. I., Rodela, A., Martinez, E. Y., Hernandez, D. H., Materinez, E., Medina, F. & Wicker, R. B. (2009). Microstructure and mechanical behavior of Ti-6Al-4V produced by rapid-layer manufacturing, for biomedical applications. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, 20-32.

- [24] Facchini, L., Magalini, E., Robitti, P., Molinari, A., Hoges, S., & Wissenbach, K. (2010). Ductility of a Ti-6Al-4V alloy produced by selective laser melting of prealloyed powders. *Rapid Prototyping J.*, 16, 450-459.
- [25] Facchini, L., Magalini, E., Robitti, P., & Molinari, A. (2009). Microstructure and mechanical properties of Ti-6Al-4V produced by electron beam melting of pre-alloyed powders. *Rapid Prototyping J.*, 151, 171-178.
- [26] Thijs, L., Verhaeghe, F., Craeghs, T., Van Humbeeck J., & Kurth, J. P. (2010). A study of the micro structural evolution during selective laser melting of the Ti-6Al-4V. *Acta Mater.*, 58, 3303-3312.
- [27] Chlebus, E., Kućnicka, B. A., Kurzynowski T., & Dyba B. A. (2011). Microstructure mechanical behaviour of Ti-6Al-7Nb alloy produced by selective laser melting. *Mater. Charact.*, 62, 488-495.
- [28] Morgan, R., Sutcliffe, C. J., & O'Neill, W. (2004). Density analysis of direct metal laser remelted 316L stainless steel cubic primitives. *Journal of Materials Science*, 39, 1195-1205.
- [29] Yadroitsev I., & Smurov, I. (2011). Surface Morphology in Selective Laser Melting of Metal Powders. *Lasers in Manufacturing 2011: Proceedings of the Sixth International Wt Conference on Lasers in Manufacturing*, Vol 12, Pt A, vol. 12., Amsterdam: Elsevier Science Bv, 264-270.
- [30] Yasa, E., Deckers, J., & Kruth, J. P. (2011). The investigation of the influence of laser remelting on density, surface quality and microstructure of selective laser melting parts. *Rapid Prototyping J.*, 17, 312-327.
- [31] Spiering, A. B., Herres, N., & Kruth, J. P. (2011). Influence of the particle size distribution on surface quality and mechanical properties in AM steel parts. *Rapid Prototyping J.*, 17, 195-202.
- [32] Van Vaerenbergh, J. (2008). Process optimisation in Selective Laser Melting. vol. PhD. Twente: Inversity of Twente.
- [33] Mercelis, P., & Kruth, J. P. (2006). Residual stresses in selective laser sintering and selective laser melting. *Rapid Prototyping J.*, 12, 254-265.
- [34] Vandenbroucke, B. (2008). Selective Laser Melting of Biocompatible Metals for Rapid Manufacturing of Medical Parts. vol. PhD. *Leuven: KU Leuven*, 2008.

Characterisation of large strain viscoelastic properties of polymers

Bálint Fazekas*, Tibor Goda*

*Department of Machine and Product Design, Budapest University of Technology and Economics, H-1111, Budapest, Műegyetem rkp. 3, Hungary

fazekas.balint@gt3.bme.hu

goda.tibor@gt3.bme.hu

Abstract

The most widely used approach to model the large strain elastic and the time-dependent response of polymers in a finite element simulation is the application of the so-called hyper-viscoelastic material model, which is composed of a nonlinear elastic (hyperelastic) and a linear viscoelastic part. In order to determine the constitutive parameters, a simple numerical algorithm has been used here. This method ensures a general strategy to fit the material parameters directly and accurately to the measurements. In this study, the material model and the numerical algorithm have been tested for silicone rubber and polypropylene. Finally, the numerical solutions have been compared with stress relaxation tests.

Keywords: hyperelasticity, finite strain viscoelasticity, Prony-series, parameter identification, polymers

assumed that the material is linear in rheological sense. In this particular case, the constitutive equation can be split into a strain-dependent and a time-dependent part. Although this type of material model is frequently used, the determination of the model parameters is not a trivial task. This is proved, among others, by the fact that various approaches are available for the determination of the constitutive parameters in the literature. Here, the numerical algorithm proposed by Goh et al. [3] is used, where the convolution integral of the constitutive equation is integrated numerically based on the finite time increments and the material parameters are optimised in one step using measurement results. The method is applied for silicone rubber and polypropylene using tensile stress relaxation tests [4, 5]. Finally, the simulated and the measured stress relaxation behaviours are compared.

1 INTRODUCTION

Polymers are widely applied materials, among others, in the automotive, the aerospace and the computer industry. They exhibit nonlinear stress-strain relation (Fig. 1 (a)) and time/rate dependent behaviour (Fig. 1 (b)) [1].

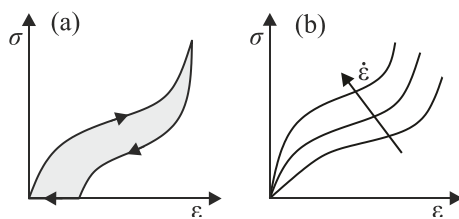


Fig. 1: Material behaviour of viscoelastic solids: (a) loading and unloading, (b) strain-rate dependency

Fig. 1 (a) shows that energy dissipation (hysteresis) is appeared during loading-unloading and the strain-rate influences the overall mechanical response (Fig. 1 (b)). These properties are essential characteristics of viscoelastic materials.

To model this complex mechanical behaviour, a so-called large strain viscoelastic material model has to be used, which consists of a nonlinear elastic and a linear viscoelastic part. The former takes the time-independent, while the latter takes the time- and rate dependent behaviour into consideration [2]. At the same time, it is

2 MATERIAL MODEL

2.1 Large strain elastic model

The large strain time-independent behaviour of polymers can be modelled with hyperelastic material model, where the constitutive equations can be derived from the strain energy density function W . It is assumed that the material is isotropic, therefore W can be expressed with the principal invariants (I_1, I_2, I_3) of the right Cauchy–Green deformation tensor \mathbf{C} . In many cases, the material can be considered to be incompressible ($i_3 = 1$). In this study, two different hyperelastic models are used. The strain energy density functions of the models are as follows

$$W^{\text{NH}} = C_{10}(I_1 - 3), \quad (1)$$

$$W^{\text{Y}} = C_{10}(I_1 - 3) + C_{20}(I_1 - 3)^2 + C_{30}(I_1 - 3)^3, \quad (2)$$

where W^{NH} is the neo-Hookean [6], while W^{Y} is the Yeoh [7] hyperelastic potential, respectively. C_{10}, C_{20}, C_{30} are material parameters, furthermore

$$I_1 = \text{tr}(\mathbf{C}) = \lambda_1^2 + \lambda_2^2 + \lambda_3^2, \quad (3)$$

where λ_k ($k = 1, 2, 3$) denotes the principal stretches.

The first Piola–Kirchhoff principal stresses (also known as engineering principal stresses) can be obtained as [8]

$$P_k = \frac{\partial W}{\partial \lambda_k}, k = 1, 2, 3. \quad (4)$$

In case of uniaxial extension, the deformation gradient can be written as

$$\mathbf{F} = \begin{bmatrix} \lambda & 0 & 0 \\ 0 & 1/\sqrt{\lambda} & 0 \\ 0 & 0 & 1/\sqrt{\lambda} \end{bmatrix}, \quad (5)$$

where λ is the stretch ratio in the direction of load. It should be noted that the incompressible condition ($J = \det \mathbf{F} = 1$) was taken into account during the derivation of the deformation gradient \mathbf{F} . As the strain energy density functions of the chosen hyperelastic models are given by Eqs. (1-2), the uniaxial stress responses can be derived using Eqs. (4-5). The engineering stress response of the neo-Hookean model becomes

$$P_1^{\text{NH}} = 2C_{10}(\lambda - \lambda^{-2}), \quad (6)$$

while the engineering stress-strain relation of the Yeoh model can be expressed as

$$P_1^{\text{Y}} = 2(\lambda^3 - 1) \left[C_{10}\lambda^2 + (\lambda^3 - 3\lambda + 2) \left(2C_{20}\lambda + 3C_{30}(\lambda^3 - 3\lambda + 2) \right) \right] / \lambda^4. \quad (7)$$

It should be noted that, in case of time-dependent material behaviour, the strain is expressed as a function of time, thus the following notation is introduced

$$P_0(t) := P_1(\lambda(t)). \quad (8)$$

2.2 Large strain viscoelastic model

Since the deformation of the polymers is characterised by large strains and displacements, the hyper-viscoelastic material model has to be used, which takes into consideration both the large strain elastic (hyperelastic) and the viscoelastic behaviour of the material. It should be noted that the model used is linear in the sense that the dimensionless relaxation modulus is not a function of the strain, i.e. in rheological sense. Here the generalised Maxwell-model connected parallel to a nonlinear spring is used (see Fig. 2).

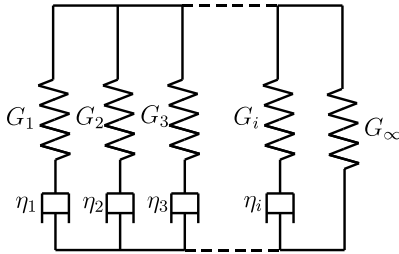


Fig. 2: The material model used: generalised Maxwell-model connected parallel to a nonlinear spring

The constitutive model consists of Maxwell-elements (linear spring and dashpot connected in series) connected in parallel which describes the time-dependent behaviour. Furthermore, it consists of a nonlinear spring, which gives the nonlinear long-term (relaxed) elastic modulus of the material. G_i denotes the i -th shear modulus, η_i is the i -th

dynamic viscosity ($i=1..N$) while G_∞ is the long-term (relaxed) shear modulus.

The constitutive model consists of separable strain-dependent function ($\sigma_0(\varepsilon)$) and time-dependent function ($g(t)$) and can be written as

$$\sigma(\varepsilon, t) = \sigma_0(\varepsilon)g(t), \quad (9)$$

where $\sigma_0(\varepsilon)$ denotes the instantaneous Cauchy stress, which gives the instantaneous elastic (time-independent) response of the material. It can be derived from the hyperelastic potential (strain energy density function). The $g(t)$ normalised function is strain-independent and represents the viscoelastic behaviour of the material. It can be expressed with the Prony-series as

$$g(t) = g_\infty + \sum_{i=1}^N g_i e^{-t/\tau_i}, \quad (10)$$

where g_i is the i -th relative, while g_∞ is the long-term relative modulus, respectively. Furthermore, N denotes the order of the viscoelastic model and τ_i is the i -th relaxation time. These quantities are defined as follows

$$g_i = \frac{G_i}{G_0}, g_\infty = \frac{G_\infty}{G_0}, \tau_i = \frac{\eta_i}{G_i}, \quad (11)$$

where G_0 is the instantaneous (glassy) shear modulus. For the long-term and the relative relaxation moduli the following equation can be written

$$g_\infty + \sum_{i=1}^N g_i = 1. \quad (12)$$

In general case, the viscoelastic stress response can be expressed in the form of convolution integral as

$$\sigma(\varepsilon, t) = \int_0^t g(t-s) \frac{d\sigma_0(\varepsilon)}{ds} ds. \quad (13)$$

It can be split into long-term elastic and viscoelastic contribution as follows

$$\sigma(t) = g_\infty \sigma_0(t) + \sum_{i=1}^N \int_0^t g_i e^{-(t-s)/\tau_i} \frac{d\sigma_0(s)}{ds} ds = g_\infty \sigma_0(t) + \sum_{i=1}^N h_i(t). \quad (14)$$

The closed-form solution of Eq. (14) cannot be derived for arbitrary hyperelastic potential and strain-history. However, it is possible to compute the stress response numerically based on finite time increments. The detailed derivation of this method is provided by Goh et al. [3].

As the material parameters are fitted to the experimental data and the engineering stress can be obtained from the measurements directly, the incremental stress solution is derived using engineering stresses. At time instant t_{n+1} the engineering stress response may be written as

$$P(t_{n+1}) = g_{\infty} P_0(t_{n+1}) + \sum_{i=1}^N e^{-\Delta t / \tau_i} h_i(t_n) \frac{\lambda(t_n)}{\lambda(t_{n+1})} + g_i \frac{1 - e^{-\Delta t / \tau_i}}{\Delta t / \tau_i} \left[P_0(t_{n+1}) - P_0(t_n) \frac{\lambda(t_n)}{\lambda(t_{n+1})} \right], \quad (15)$$

where $P_0(t_n)$, $P_0(t_{n+1})$ values can be computed with the engineering stress solutions of the neo-Hookean and the Yeoh hyperelastic models (Eqs. (6-7)) and $\Delta t = t_{n+1} - t_n$ denotes the time increment. Since the initial stress-strain state is normally known ($P = \varepsilon = 0$ at time $t = 0$), the incremental stress response can be computed at time $t > 0$. It should be noted that Eq. (15) is only valid for uniaxial extension.

Using Eq. (15), the hyperelastic and the viscoelastic constitutive parameters can be fitted simultaneously, directly to the measurement. The error is defined as

$$\zeta = \sum_{j=1}^M |P_j^{\text{exp}} - P_j^{\text{comp}}|, \quad (16)$$

where P_j^{exp} and P_j^{comp} are the experimental and the computed engineering stress values, respectively. The objective is to find the optimal material parameters through the minimisation of the error value given by Eq. (16). This minimisation problem is solved by using the ‘Solver’ routine of Microsoft Excel.

3 RESULTS AND DISCUSSION

In order to prove the applicability of the hyper-viscoelastic material model and the accuracy of the parameter fitting method, already published uniaxial stress relaxation tests for silicone rubber and polypropylene are used. The details of these experiments are available in [4, 5]. The model parameters for both materials are determined using Eq. (15).

The first step of the fitting method is to investigate that whether the material behaviour is linear in rheological sense or not. As it is mentioned in the former section, the most important character of a linear viscoelastic material is that the strain and time-dependent material behaviour are independent, i.e. $\sigma_0(\varepsilon)$ and $g(t)$ are separable (see Eq. (9)). This behaviour of the material can be studied through the normalised relaxation curves. If these curves are coincident for all strains, the material can be modelled with the presented large strain viscoelastic material model [3, 9]. The normalised relaxation curves of the materials studied are presented in Fig. 3.

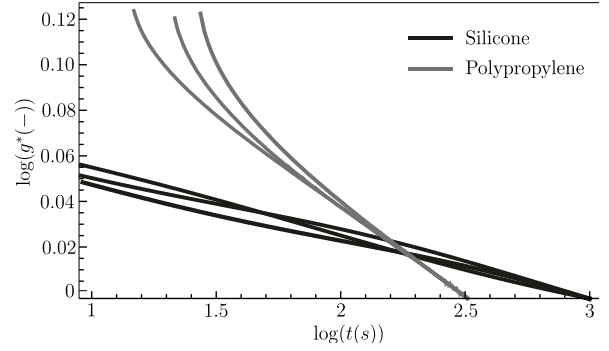


Fig. 3: The normalised stress relaxation curves

Fig. 3 shows that the normalised relaxation curves of the silicone are close to each other at different strain levels, therefore the material behaviour can be considered to be linear in rheological sense. However, in case of polypropylene, the nonlinear viscoelastic behaviour is appeared.

The time-independent behaviour of the silicone and the polypropylene is modelled using the neo-Hookean and the Yeoh hyperelastic models, respectively. The time-dependency is described with third-order viscoelastic model ($N=3$) for both materials. The parameter fitting method is performed based on the stress relaxation curves using Eq. (15). The obtained material parameters are given in Table 1.

Table 1: Material model parameters for silicone and polypropylene

Material parameter	Silicone rubber	Polypropylene
C_{10} [MPa]	0.153	544.26
C_{20} [MPa]	-0.0111	-
C_{30} [MPa]	0.00324	-
g_1 [-]	0.0714	0.125
τ_1 [s]	7.64	5.85
g_2 [-]	0.0723	0.315
τ_2 [s]	240.8	5.84
g_3 [-]	0.01	0.098
τ_3 [s]	200	162.5

It should be noted that the hyperelastic parameters (C_{10} , C_{20} , C_{30}) are required to satisfy the Drucker stability condition. Furthermore, for the viscoelastic parameters (g_i , τ_i), the following conditions have to be taken into account

$$\sum_{i=1}^N g_i < 1; \quad g_i > 0, \quad \tau_i > 0 \quad \text{for all } i. \quad (16)$$

Using the material model parameters given in Table 1, the finite element (FE) simulation of uniaxial stress relaxation tests has been performed using the commercial finite element software Abaqus [10]. The simulated engineering stress responses and their comparison with the experiments are shown in Figs. 4 and 5.

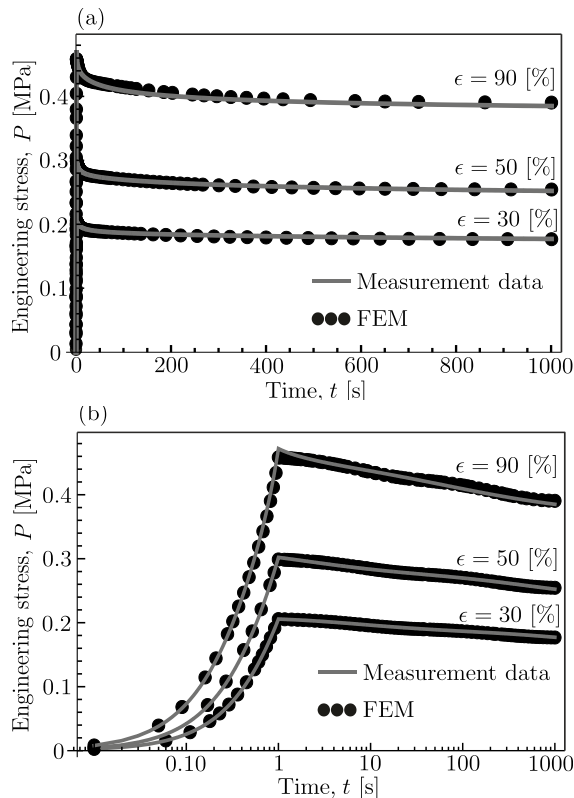


Fig. 4: The simulated and measured engineering stress-time curves for silicone rubber: (a) linear scale, (b) logarithmic scale

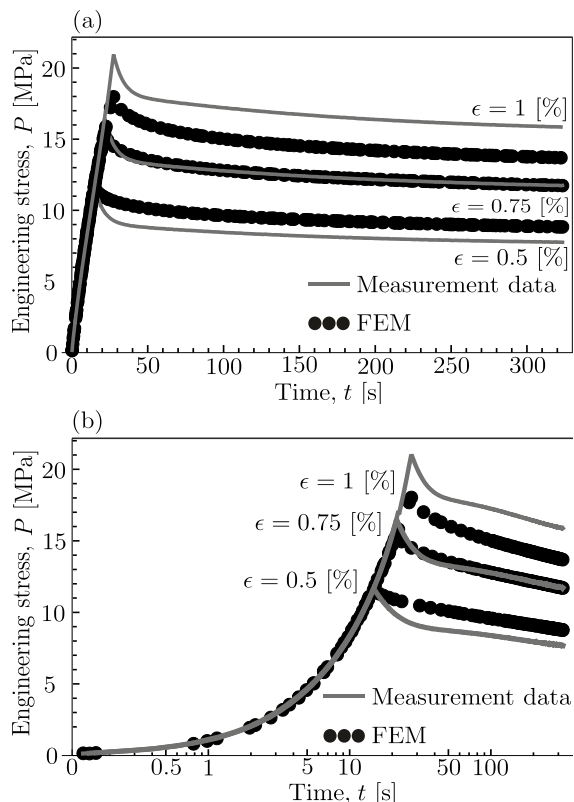


Fig. 5: The simulated and measured engineering stress-time curves for polypropylene: (a) linear scale, (b) logarithmic scale

As seen in Fig. 4, there is a good agreement between the simulated and the measured stress relaxation curves in case of silicone rubber. Therefore, the hyper-viscoelastic

material model presented here is able to model the linear viscoelastic material behaviour accurately. In case of polypropylene (Fig. 5), however, the simulated and the measured curves differ considerably especially at 0.5 [%] and 1 [%] strain levels due to the fact that the polypropylene exhibits nonlinear viscoelastic behaviour (see Fig. 3). Consequently, the hyper-viscoelastic material model used here cannot describe the material behaviour with proper accuracy.

4 CONCLUSIONS

A simple numerical algorithm has been adopted in order to determine the constitutive parameters of silicone rubber and polypropylene from uniaxial relaxation tests. The results show that the large strain viscoelastic model used is able to model the material behaviour of silicone rubber with proper accuracy. However, in case of polypropylene, the simulated material behaviour differs from the measured one significantly. As it is pointed out the polypropylene exhibits nonlinear viscoelastic behaviour which is not taken into consideration in the material model used.

REFERENCES

- [1] Brinson, H.F., Brinson, L.C., (2015). *Polymer Engineering Science and Viscoelasticity*, Springer.
- [2] Bergström, J., (2015). *Mechanics of Solid Polymers: Theory and Computational Modeling*, Elsevier.
- [3] Goh, S.M., Charalambides, M.N., Williams, J.G., (2004). Determination of the constitutive constants of non-linear viscoelastic materials, *Mech. Time-Dependent Mater.* 8, 255–268.
- [4] Nandi, B., Dalrymple, T., Lapczyk, I. (2014). Importance of Capturing Non-linear Viscoelastic Material Behavior in Tire Rolling Simulations, *Meeting of the Tire Society*.
- [5] Dalrymple, T. (2014). Calibration of Polypropylene.
- [6] Rivlin, R.S. (1948). Large elastic deformations of isotropic materials I. Fundamental, *Philosophical Trans. of the Roy. Soc. of London, Series A, Mathematical and Physical Sciences*, 240 (822), 459–490.
- [7] Yeoh, O. H. (1993). Some Forms of the Strain Energy Function for Rubber, *Rubber Chemistry and Technology*, 66 (5), 754–771.
- [8] G.A. Holzapfel, G.A. (2000). *Nonlinear Solid Mechanics*. Wiley.
- [9] Gamonpilas, C., McCuiston, R. (2012). A non-linear viscoelastic material constitutive model for polyurea, *Polymer*, 53, 3655–3658.
- [10] Abaqus 6.14 Documentation: Dassault Systèmes, USA

Lapátszög-szabályzás hatása a nyomatékra

Impact of the wind turbine blade's pitch angle on the torque

Hetyei Csaba*, Dr. Szlivka Ferenc**

*Óbudai Egyetem, Biztonságtudományi Doktori Iskola, Budapest, Magyarország

**Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Budapest, Magyarország
hetyei.csaba@phd.uni-obuda.hu; szlivka.ferenc@bgk.uni-obuda.hu

Összefoglalás — A napjainkban jelentkező egyre nagyobb energiaigény miatt, mindinkább előtérbe kerülnek a megújuló energiaforrások. Cikkünkben a vízszintes tengelyű szélturbinák lapátozásának numerikus áramlási szoftverrel történő vizsgálatát mutatjuk be. Szimulációink során a szélkeréken ébredő nyomatékot a lapát lapátszög-szabályzás (Pitch Control) függvényében elemeztük.

Kulcsszavak: Szélturbina, szabályzás, lapátszög-szabályzás, CFD, megújuló energia.

Abstract — Today's increasing demand for energy is becoming more and more prevalent the renewable energy sources. In this article, we will inspect the HWAT's (horizontal axis wind turbine), using a CFD (Computational Fluid Dynamic) software. With this simulation method, we will examine the torque on the blades with different pitch angles.

Keywords: Wind turbine, control system, pitch control, CFD, renewable energy.

1 BEVEZETÉS

A napjainkban jelentkező egyre nagyobb energiaigény miatt mindinkább előtérbe kerülnek a megújuló energiaforrások, köztük a szélenergia is.

Az első elektromos áramot termelő szélerőművet 1887-ben építették, de elterjedésük csak az 1980-as olajválság idején kezdődött. Azóta telepítésük növekvő tendenciát mutat, ami jól látszik a telepített szélerőmű teljesítményeken. 2000-ben összesen 17,4 GW, 2010-ben 197,9 GW, 2015-ben 432,4 GW teljesítményű szélturbina állt rendelkezésre a világon [1].

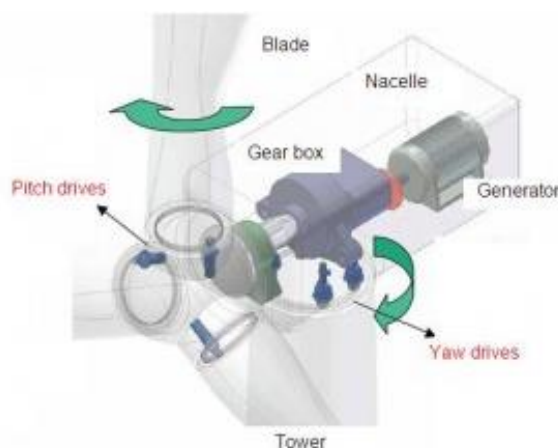
A technikai fejlődésnek köszönhetően a szélturbinák minden egysége fejlődött, köztük a szélerőművek lapátozási rendszere és annak a szabályása is. Cikkünkben a Pitch controllal azaz a lapátszög-szabályzással foglalkozunk.

2 LAPÁTSZÖG-SZABÁLYZÁS RÖVID ISMERTETÉSE

A lapátszög-szabályzásra a szél ingadozása miatt van szükség, mert a szél nem mindig ugyanakkora sebességgel fúj. Változó szélesség esetén változó forgási sebességgel forog a szélkerék, így változó a szélerőmű energiatermelése.

Az elektromos hálózat számára – az optimális energiatermelés miatt – kedvezőbb az egyenletes mennyiségű és minőségű elektromos áram. Ezért alkalmazzák a szélerőművek a lapátszög-szabályzást.

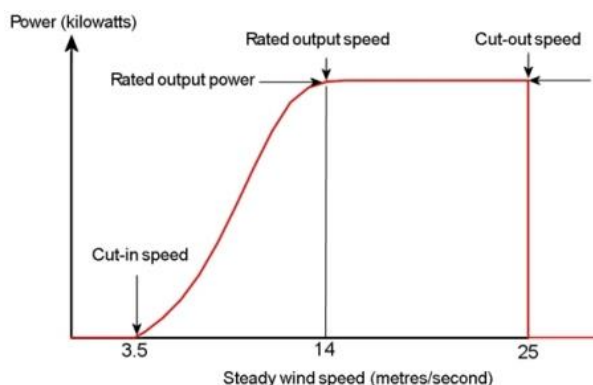
Napjainkban a szélerőművek jellemzően kétféle szabályzással vannak felszerelve, a Pitch és a Yaw controllal, melyeknek a működését a következő ábra szemlélteti.



1. ábra. Pitch és Yaw control szemléltetése [2]

A szélességtől függően változik a szélerőmű energiatermelési karakterisztikája. Az indulási szélességnél és az optimális szélességnél nem feltétlenül azonos lapátállás a kedvező. A lapátszög-szabályzásnak e problémára jelent megoldást.

A következő ábrán a szélerőművekre jellemző energiatermelési karakterisztika látható a szélesség függvényében.



2. ábra. Szélerőművek energiatermelési jelleggörbéje a szélesség függvényében [3]

A szélérőművek forgásának „hajtómotorja” a szél, melyben véges nagyságú energia rejlik és nagysága a szélsébségtől függ.

A szélben rejlő teljesítmény a következő egyenlettel számítható ki:

$$P_{szél} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot v^3 \cdot C_p(\lambda, \beta) \quad (1)$$

Ahol,

- ρ , a sűrűség,
- A , a szélkerék munkavégző keresztmetszete,
- v , a szél sebessége,
- C_p , a szélkerék teljesítménytényezője
- λ , gyorsjáratú tényező
- β , lapátszög-szabályzás szöge.

Az egyenletben C_p , a szélkerék teljesítmény tényezője, ami két paramétertől, a gyorsjáratú tényezőtől (λ) és a lapátszög-szabályzás szögétől (β) függ. Elméleti maximumával Betz foglalkozott, aki megállapította, hogy 16/27-ed az ideális szélkerék teljesítménytényezője.

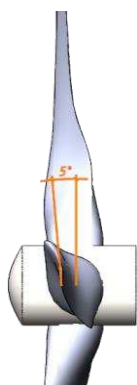
λ , azaz a gyorsjáratú tényező azt mutatja meg, hogy a szélkerék legkülső pontjának sebessége hányszorosa a szabadáramlásban a szél sebességének. Kiszámítása a következő módon lehetséges:

$$\lambda = \frac{R \cdot \omega}{v} \quad (2)$$

Ahol,

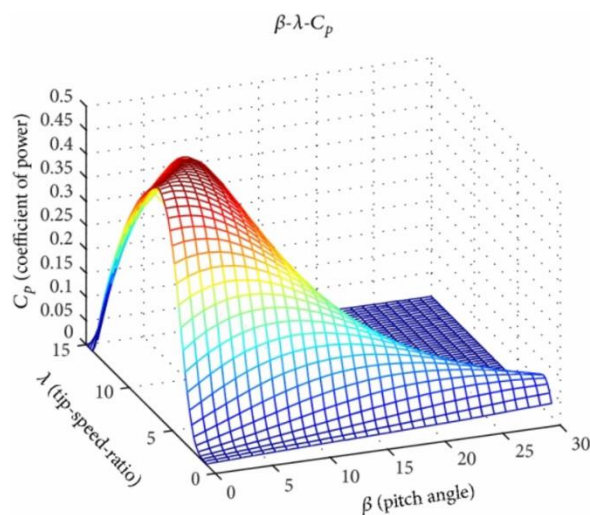
- R a szélkerék sugara,
- ω , forgási sebesség,
- v , szélsébsége a szabadáramlásban.

A β , azaz a lapátszög-szabályzás szögértékét a következő ábra szemlélteti.



3. ábra. β szög a CAD modellünkben

A két paraméter ismeretében a teljesítmény tényező ábrázolható, jelleggörbéje a következő diagramon látható.

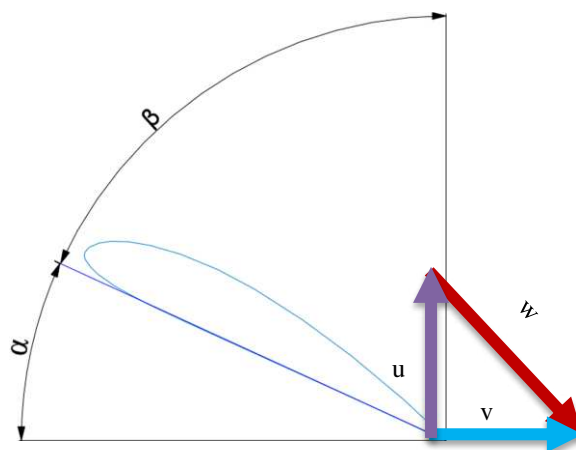


4. ábra. $C_p(\lambda, \beta)$ jelleggörbéje [4]

A lapátszög-szabályzás célja, hogy a szélérőmű az energetikailag optimális teljesítménnyel, vagy azt megközelítve üzemeljen. Változó szélsébség esetén (v) a lapát úgy forduljon, hogy a forgási sebesség (u) ne változzon és biztosítsa az egyenletes energiatermelést.

Amennyiben a forgási sebesség nem változik, a szélkerék szögsebessége (ω) és a gyorsjáratú tényező (λ) is állandó marad, a forgásból származó teljesítmény sem változik.

A lapátmozgás egyik metszete mellett kialakuló sebességháromszög a következő ábrán látható, ahol α -val az állásszög-, β -val a lapátszög-szabályzás szögértékét jelöltük.



5. ábra. Sebességháromszög a szélkerék lapátmozgásán

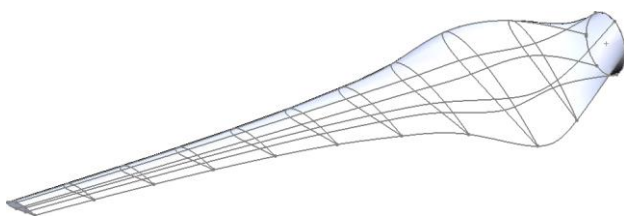
3 GEOMETRIÁK ELŐÁLLÍTÁSA

A szimulációkhoz egy 15 méter hosszú lapátot készítettünk és ezzel vizsgáltuk a lapátszög-szabályzást. A lapátgeometria adatai a következő táblázatban láthatók.

1. táblázat. Lapát geometriai adatai

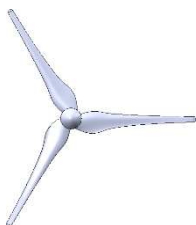
Metszet	Távolság [m]	Húrhossz [mm]	Profil csavarodás	Profil
11.	15	591	0,6°	NACA 4415
10.	13,5	655	1,2°	
9.	12	735	2,1°	
8.	10,5	837	3,1°	
7.	9	971	4,5°	
6.	7,5	1153	6,5°	
5.	6	1416	9,4°	
4.	4,5	1818	14°	
3.	3	2469	22,5°	
2.	1,5	3325	41,2°	
1.	0	D1100	41,2°	Kör

Az elkészített lapát az alábbi volt.



6. ábra. NACA 4415 számprofilból készített lapát

A vizsgálatokhoz használt kiindulási állapotot 0°-nak neveztük el, és hozzá képest a lapátokat a forgási tengelyük körül elforgattuk -5°, -3°, -1,5°, -1°, -0,5°, 0,5°, 1°, 1,5° 3° és 5°-kal. Az így kapott tizenegy konfigurációból három a következő ábrán látható.



7. ábra. Vizsgált geometria $\beta=-5^\circ$



8. ábra. Vizsgált geometria $\beta=0^\circ$



9. ábra. Vizsgált geometria $\beta=5^\circ$

A kialakított geometriákkal a szélkeréken ébredő nyomatékokat vizsgáltuk egy véges térfogat alapú szimulációs szoftver segítségével.

4 VÉGES TÉRFOGAT SZIULÁCIÓ

A numerikus áramlási szimulációs szoftverek közül a SOLIDWORKS Flow Simulation-jét választottuk, ami egy véges térfogat módszerre (VTM) épülő áramlási szoftver a SOLIDWORKS CAD rendszerébe integrálva.

A szimulációs szoftver a rendelkezésre álló teret véges térfogatú cellákra bontja, és az így kapott térrészekre a megmaradási tételek segítségével kiszámolja a nyomás, a sebesség és a hőmérséklet mezőket. Ez jellemzően a következő transzport egyenletre épül:

$$\frac{\partial}{\partial t} \int_V U dV + \oint_A \underline{F} dA = \int_V S_V dV + \oint_A \underline{S}_A dA \quad (2)$$

Az egyenletben

- $\frac{\partial U}{\partial t}$, az időfüggő tag ($\frac{\partial U}{\partial t} = 0$, állandósult állapot),
- U , egy megmaradó mennyiség térfogati sűrűsége,
- F , az adott jellemző fluxusa,
- S_V , térfogati forrás az adott F fluxusra,
- S_A , felületi forrás az adott F fluxusra,
- V , ellenőrző térfogat,
- A , az ellenőrző térfogat felülete.

A szoftver a tér diszkrétizált részeire egy kiindulási értékkel elvégzi a számításokat. Az így kapott eredményekkel újabb iterációkat végez, míg a szimuláció el nem éri az előírt leállítási kritériumot.

5 SZIMULÁCIÓ PEREMFELTÉTELEI

A szimulációhoz egy minden oldalán nyitott téglatest formájú teret használtunk. Az áramlási tér mérete 260 x 120 x 120 méter volt, amiben a tér közepén az áramlási tér elejétől 100 méterre helyezkedtek el a szélkerekek.

A térbe belépő levegő áramlási sebessége 10 m/s volt. A szélkerekek minden esetben csúszó hálós módszerrel 40 fordulat/perc sebességgel forogtak.

Az eddig ismertett geometriai és peremfeltételek alapján a szélkerék gyorsjáratú tényezője $\lambda = 6,283$.

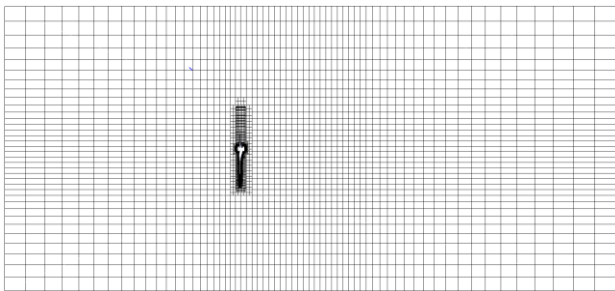
A turbulencia leírásához k- ϵ modellt használtunk. A szélkeréken ébredő nyomatékot célként definiáltuk, így ezt konvergenciafeltételként írtuk elő.

A csúszóháló és a forgás közben kialakuló örvények miatt a vizsgálat minden esetben időfüggő volt, automata időlépéssel. A szimuláció leállításához három feltételnek kellett teljesülni,

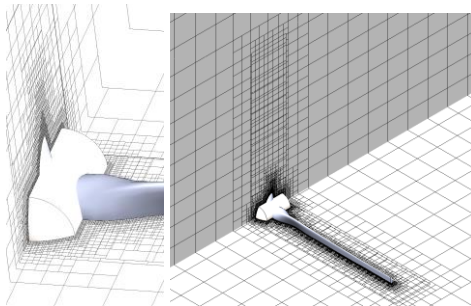
- a szélkerék forgási tengelyére nézve a rajta ébredő nyomatéknek konvergálnia kellett,
- minimum 1500-at kellett iterálnia,
- a szimulációnak minimum 2,5 (fizikai) másodpercig kellett futnia.

Az első feltétel konfigurációtól függően a 800. és az 1100. iteráció között teljesült, mely kb. 0,9 és 1,3 (fizikai) másodpercnek felelt meg. A szimuláció 2,5 (fizikai) másodpercig történő futtatása az 1850. és a 2350. iteráció között valósult meg (konfigurációtól függően).

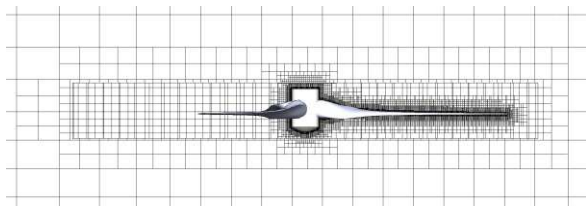
A tér felbontására téglalatest hálót készítettünk, amit a test közelében határréteg hálózással sűrítettünk. Az egyik konfigurációhoz kapott véges térfogat háló a következő ábrán látható.



10. ábra. Az áramlási tér véges térfogat hálózása



11. ábra. Kiindulási (0°) állapot hálózása (felőlnézeti és oldalnézeti sík)

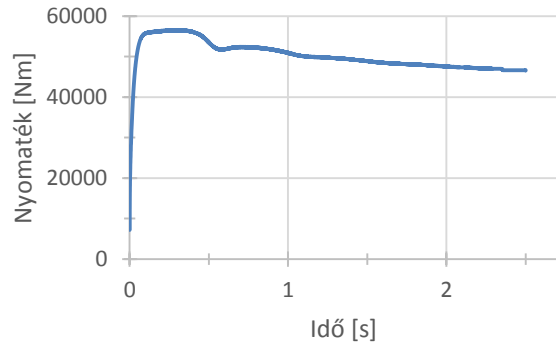


12. ábra. Kiindulási (0°) állapot hálózása (felül nézet sík)

A szimulációkhoz használt geometriák eltérő felülettel rendelkeztek, így a végestérfogat háló elemszáma is eltérő volt, konfigurációtól függően 1,1-1,3 millió cella.

6 SZIMULÁCIÓS EREDMÉNYEK ÖSSZEHALONLÍTÁSA

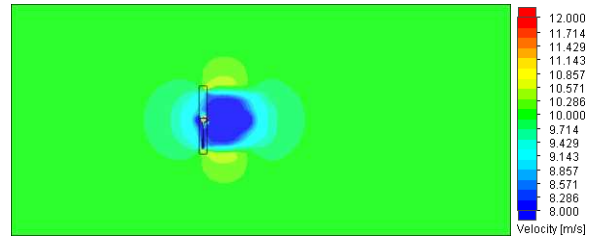
A következő ábra a szélkeréken ébredő nyomaték alakulását mutatja be, az iterációk függvényében.



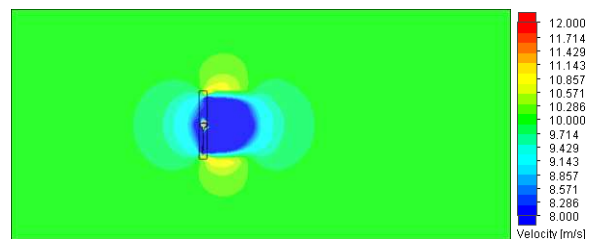
13. ábra. Nyomaték alakulása az iterációk függvényében

A grafikonon megfigyelhető, hogy a nyomaték egy ugrással indul, majd hirtelen csökken, ezt követően lassulva csökken és beáll egy adott értékre. Ennek a jellegnek két oka van. Az egyik, hogy az áramlásnak ki kellett alakulnia és állandósulnia kellett, a másik pedig a véges térfogat módszer matematikai háttere.

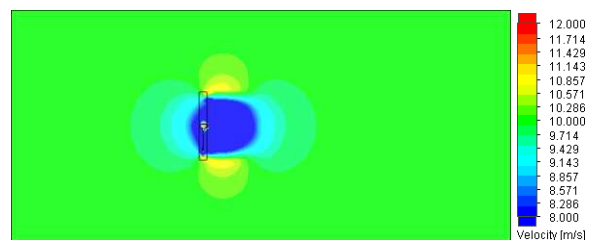
A szimuláció végén a következő áramlási képeket kaptuk a szélkerék középsíkjaiban:



14. ábra. Sebességmező a szélkerék középsíkjaiban $\beta = -5^\circ$

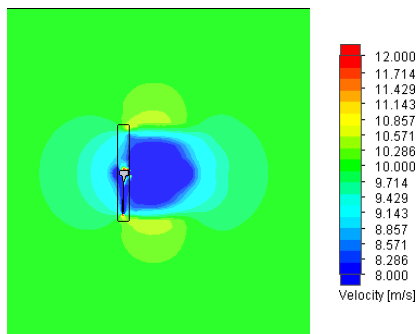


15. ábra. Sebességmező a szélkerék középsíkjaiban $\beta = 0^\circ$

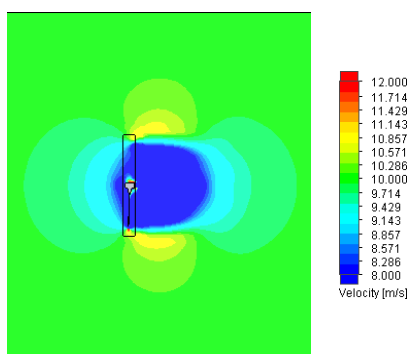


16. ábra. Sebességmező a szélkerék középsíkjaiban $\beta = 5^\circ$

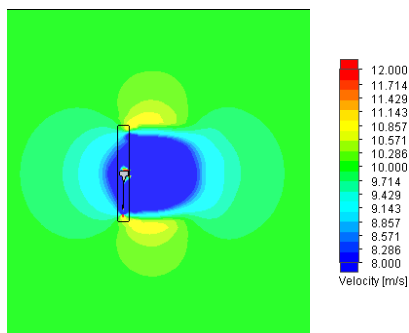
Az áramlási kép nagyított képe a következő ábrákon láthatók.



17. ábra. Sebességmező a szélkerék középsíkijában $\beta = -5^\circ$ (nagyított)

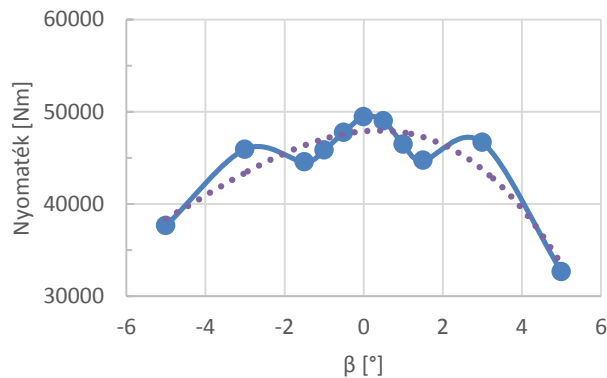


18. ábra. Sebességmező a szélkerék középsíkijában $\beta = 0^\circ$ (nagyított)



19. ábra. Sebességmező a szélkerék középsíkijában $\beta = 5^\circ$ (nagyított)

A szimulációk eredményeit az alábbi táblázat és diagram mutatja be.



20. ábra. Szimuláció eredményeinek grafikus ábrázolása

2. táblázat. Nyomatékok alakulása a szimuláció végén

Szög	-5°	-3°	-1,5°
Nyomaték [Nm]	37648	45935	44554
Szög	-1°	-0,5°	0°
Nyomaték [Nm]	45854	47776	49453
Szög	0,5°	1°	1,5°
Nyomaték [Nm]	49018	46462	44739
Szög	3°	5°	
Nyomaték [Nm]	46667	32682	

A diagramot megvizsgálva megállapítottuk, hogy a legalacsonyabb nyomatékértékek a két szélső szögértéken, a legmagasabbak a kiindulási állapoton jelentkeztek.

Jelen szimulációsorozattal meghatározható az eredményekből a $C_p(\lambda, \beta)$ függvény $\lambda = 6,2832$ esetre a vizsgált tartományban. Folytatva a szimulációkat a vizsgált geometriára előállítható a teljesítménytényező függvénye.

7 ÖSSZEFOGLALÁS

Cikkünkben röviden ismertettük a lapátszög-szabályzás elméleti háttérét és egy szimulációs folyamatot, amivel meghatározható a teljesítménytényező (C_p).

A nyomaték értékekből és a forgási sebességből meghatározható az a mechanikai teljesítmény, melyet a szélkerék végzett, és ebből a teljesítményből meghatározható C_p értéke is.

Szimulációink során a $\lambda = 6,2832$ -t több β szögre vizsgáltuk az áramlást. A szimulációk folytatásával kaphatunk egy eredmény mátrixot, amiből az adott geometriánkra $C_p(\lambda, \beta)$ függvénye meghatározható.

$C_p(\lambda, \beta)$ ismeretében a [4]-es és az [5]-ös forrásban ismertetett szabályzástechnikai módszerekkel a

szélerőművek már megépítésük előtt modellezhetők, így a szabályzástechnikai rendszer fejlesztése mellett, a telepítés helyére lehet optimalizálni őket.

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Global Wind Power Cumulative Capacity https://en.wikipedia.org/wiki/Wind_power#/media/File:Global_Wind_Power_Cumulative_Capacity.svg (2017.09.18.)
- [2] A Pitch és a Yaw Control <https://abm-website-assets.s3.amazonaws.com/pddnet.com/s3fs-public/legacyimages/NabtescoDiagram.jpg> (2017.10.12.)
- [3] Szélerőművek energiatermelési jellegörbéje a szélesség függvényében [http://www.wind-power-program.com/Images/turbine_characteristics.htm/Typical%20power%20output%20\(500%20x%20330\).jpg](http://www.wind-power-program.com/Images/turbine_characteristics.htm/Typical%20power%20output%20(500%20x%20330).jpg) (2017.11.21.)
- [4] $C_p(\lambda, \beta)$ kép: G. Cao, K. M. Grigoriadis, Y. D. Nyanteh: LPV Control for the Full Region Operation of a Wind Turbine Integrated with Synchronous Generator, *The Scientific World Journal*, 2015. DOI: 10.1155/2015/638120, 2015, https://www.researchgate.net/publication/275049813_LPV_Control_for_the_Full_Region_Operation_of_a_Wind_Turbine_Integrated_with_Synchronous_Generator (2017.11.21.)
- [5] Varga Zs. Márton, Szélturbina modellezése 2013. <http://sirkan.iit.bme.hu/dokeos/courses/BMEV335/work/5196a5dc21063Szelturbina.pdf> (2017.10.08.)

Egyetemi világranglisták 2017

Academic Ranking of World Universities 2017

Mester Gyula

Óbudai Egyetem, Biztonságtudományi Doktori Iskola, Budapest, Magyarország
drmerstergyula@gmail.com

Összefoglalás — Az egyetemi világranglistákon a jobb pozíció megszerzése szempontjából évről-évre kiélezettebb verseny folyik az egyetemek között. Az egyetem legfőbb stratégiája mindig is az, hogy oktatásban, kutatásban és innovációban nemzetközileg elismert és versenyképes intézmény legyen. Három 2017-es egyetemi világranglista bemutatására kerül sor. A következő intézmények világranglistáit vizsgáljuk: - Institute of Higher Education, Jiao Tong University, Shanghai, Kína, „Academic Ranking of World Universities 2017”, ARWU 2017, a „Web Ranking of World Universities”, - Webometrics 2017, Spanyol National Research Council's Cybermetrics Lab-ból és az NTU 2017, Taiwan. Külön figyelmet fordítunk a magyar egyetemek és az Óbudai Egyetem rangsorolására.

Kulcsszavak: Egyetemi világranglisták 2017, ARWU 2017, indikátorok, Webometrics 2017, Óbudai Egyetem rangsorolása.

Abstract — The interest in the ranking of the Higher Education institutes is growing from year to year. The institutes are keen to get better ranking and they are doing their best to get better position. The main strategy of the universities is to be internationally acknowledged and competitive in education, innovation and research. This paper proposes an analysis of the Academic Ranking of World Universities 2017 published every year. The publication of the „Institute of Higher Education Shanghai Jiao Tong University from China „Academic Ranking of World Universities 2017”, ARWU 2017, the Web Ranking of World Universities „Webometrics 2017” from Spanish National Research Council's Cybermetrics Lab and NTU 2017 Taiwan. We devote special attention to the analysis of indicators and ranking of Óbuda University

Keywords: Ranking of World Universities 2017, ARWU 2017, indicators, Webometrics 2017, ranking of Óbuda University.

1 BEVEZETÉS

A felsőoktatási intézmények évenként megjelenő világranglistája iránt világszerte növekszik az érdeklődés. A felsőoktatás globalizálódása eredményezte a felsőoktatási világranglisták megjelenését [1].

A felsőoktatási világranglistán a jobb pozíció megszerzése szempontjából évről-évre kiélezettebb verseny folyik az egyetemek között. A jó helyezés a felsőoktatási világranglistán az egyetemeknek lehetővé teszi a kiváló oktatók és kutatók, valamint a színvonalas nemzetközi projektek megszerzését.

A jó pozíció ugyancsak fontos a jövőbeli hallgatók érdeklődése szempontjából. A világranglistán a jól rangsorolt egyetemek jobb anyagi támogatásra számíthatnak.

Az egyetemek rangsorolása a világranglistán igen fontos az egyetemen működő doktori iskolák szempontjából is [2-5].

2 EGY VILÁGSZÍNVONALÚ EGYETEM JELLEMZÉSE

Egy világszínvonalú egyetem a következő szempontok alapján jellemezhető: oktatása és kutatási eredményei nemzetközileg elismertek, színvonalas oktatókkal és vezető kutatókkal rendelkezik, jelentősen hozzájárul a tudomány, gazdaság és a társadalom fejlődéséhez, nemzetközi hírneve van, végzős hallgatói jelentős gazdasági és társadalmi pozícióba kerülnek, színvonalas doktori iskolákkal rendelkeznek [6-8].academic ranking of world universities, arwu, shanghai 2017

A legismertebb és legnépszerűbb egyetemi világranglista az Academic Ranking of World Universities (ARWU). Az 1. ábrán áttekinthetjük, 2017.08.15-én publikált, 500-as ranglista legjobban rangsorolt 20 egyetemét.

Academic Ranking of World Universities 2017

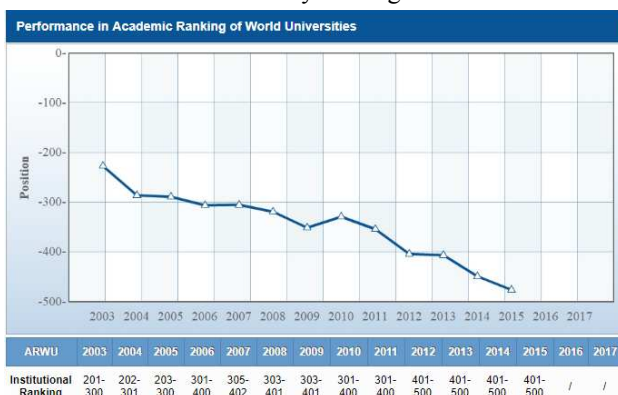
Academic Ranking of World Universities 2017					
Top 500					
501-800					
Methodology					
Statistics					
World Rank	Institution*	By location	National Rank	Total Score	Score on Alumni
1	Harvard University	USA	1	100.0	100.0
2	Stanford University	USA	2	76.5	44.5
3	University of Cambridge	UK	1	70.9	81.4
4	Massachusetts Institute of Technology (MIT)	USA	3	70.4	68.7
5	University of California, Berkeley	USA	4	69.1	64.4
6	Princeton University	USA	5	61.1	54.4
7	University of Oxford	UK	2	60.1	50.8
8	Columbia University	USA	6	58.8	62.8
9	California Institute of Technology	USA	7	57.3	50.5
10	University of Chicago	USA	8	53.9	59.2
11	Yale University	USA	9	52.8	47.1
12	University of California, Los Angeles	USA	10	52.5	29.2
13	University of Washington	USA	11	50.3	20.9
14	Cornell University	USA	12	49.6	43.1
15	University of California, San Diego	USA	13	49.5	19.0
16	University College London	UK	3	47.1	27.8
17	University of Pennsylvania	USA	14	46.0	31.3
18	Johns Hopkins University	USA	15	45.7	37.3
19	Swiss Federal Institute of Technology Zurich	CH	1	44.1	29.2
20	Washington University in St. Louis	USA	16	43.3	22.7

1. ábra: Az ARWU sanghaji 2017-es világranglista első 20 egyeteme.

Az 1. ábráról kiolvasható, hogy a ARWU sanghaji világranglista első 20 egyeteme között 16 egyetem észak-amerikai (USA), négy egyetem európai (3 Nagy-Britannia, 1 Svájc).

A 2016-os és 2017-es sanghaji világranglistán sajnos nem szerepel magyar egyetem. 2003-2015 között, összesen 3 magyar egyetem található a sanghaji világranglistán (2-4. ábra).

University of Szeged



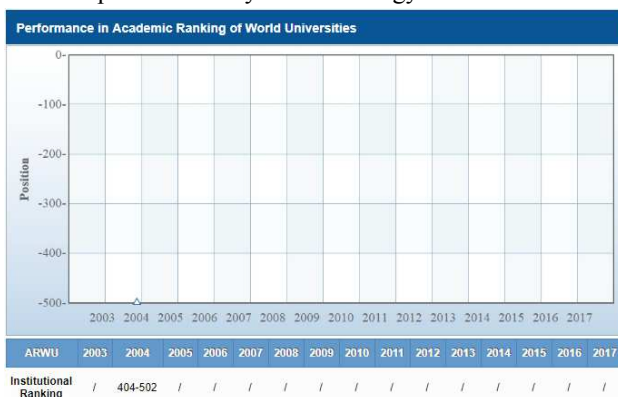
2. ábra: Szegedi Tudományegyetem a sanghaji világranglistán, legjobb pozíciója: 201-300.

Eotvos Lorand University



3. ábra: Eötvös Lóránd Tudományegyetem a sanghaji világranglistán, legjobb pozíciója: 301-400.

Budapest University of Technology and Economics



4. ábra: Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem a sanghaji világranglistán, legjobb pozíciója: 404-502.

A világ egyetemeinek az ARWU világranglistáját az Institute of Higher Education, Jiao Tong University, Shanghai, Kína publikálja [9]. Az ARWU világranglista 2003 óta jelenik meg és a világ legjobb 500 egyetemét

mutatja be. Az első százat rangsorolja, a többieket ötvenes-százasklaszterekbe (csoportokba) rendezi (101-150, 151-200, 201-300, 301-400, 401-500) abc sorrendben.

ARWU 2017-es sanghaji világranglista először jeleníti meg, az úgynevezett "jelöltek" (candidates) listáját, 501-től 800-ig rangsorolva. A jelöltek listáján a következő magyar egyetemek szerepelnek (5. ábra):

ARWU World Top 500 Candidates 2017

World Rank	Institution*	By location Hungary	Score on Alumni
501-600	Eotvos Lorand University		13.4
501-600	University of Szeged		0.0
701-800	Budapest University of Technology and Economics		10.2

* Institutions within the same rank range are listed alphabetically.

5. ábra: A 2017-es sanghaji jelöltek ranglistáján szereplő magyar egyetemek.

A sanghaji egyetemi világranglista alapvetően a tudományos teljesítményt veszi alapul. A sanghaji rangsor összeállításánál különböző kritériumokat, értékelési szempontokat:

- indikátorokat és
- súlyzókat

alkalmaznak. Minden indikátorhoz egy bizonyos súlyzó tartozik.

Az ARWU kritériumokat, indikátorokat és súlyzókat a 6. ábrán [9] mutatjuk be:

Indicators and Weights for ARWU

Criteria	Indicator	Code	Weight
Quality of Education	Alumni of an institution winning Nobel Prizes and Fields Medals	Alumni	10%
	Staff of an institution winning Nobel Prizes and Fields Medals	Award	20%
Quality of Faculty	Highly cited researchers in 21 broad subject categories	HiCi	20%
	Papers published in Nature and Science*	N&S	20%
Research Output	Papers indexed in Science Citation Index-expanded and Social Science Citation Index	PUB	20%
Per Capita Performance	Per capita academic performance of an institution	PCP	10%
Total			100%

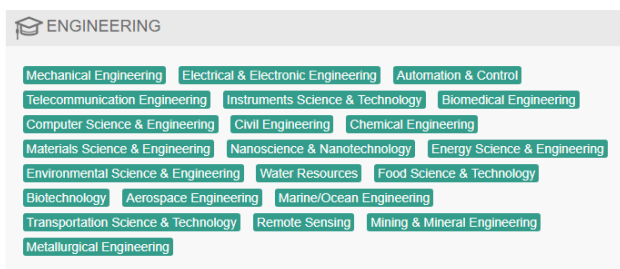
6. ábra: ARWU kritériumok, indikátorok és súlyzók.

Az ARWU 2017-es sanghaji világranglista szerkesztésénél felhasznált internetes adatbázisok a következők:

- <https://www.nobelprize.org/>,
- <http://www.mathunion.org/index.php?id=prizewinners>,
- <http://www.highlycited.com/>,
- <http://www.webofscience.com/>.

Az ARWU 2017-es sanghaji világranglistán, a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, a műszaki tudományok tudományterületén, 7. ábra, a következő 4 tudományágban található [10-11]:

- gépészeti tudományok (1-300): 201-300,
- elektrotechnika & elektronika tudományok (1-500): 401-500,
- számítástechnika mérnöki tudományok (1-500): 301-400,
- anyagtudomány és technológia (1-500): 301-400.



7. ábra: ARWU műszaki tudományok tudományterülete.

3 WEBOMETRICS GOOGLE SCHOLAR IDÉZETTSÉGI ALAPÚ EGYETEMI VILÁGRANGLISTÁJA

Webometrics [12] Google Scholar [13-20] idézettségi alapú, egyetemi világranglistája 2015 decemberében jelent meg.

A 8. ábrán áttekinthetjük a Webometrics legújabb (2017 július), Google Scholar idézettségi alapú világranglista legjobban rangsorolt 20 egyetemét:

TRANSPARENT RANKING: Top Universities by Google Scholar Citations

Fourth Edition (July 2017 version 4.01 beta)

RANK	UNIVERSITY	COUNTRY	CITATIONS
1	Harvard University	USA	1734533
2	Stanford University	USA	1197114
3	Johns Hopkins University	USA	1152185
4	University of California Berkeley	USA	1106930
5	Massachusetts Institute of Technology	USA	995531
6	University of Chicago	USA	958122
7	University of Cambridge	United Kingdom	910756
8	Princeton University	USA	900384
9	University College London	United Kingdom	889301
10	University of Oxford	United Kingdom	866948
11	Columbia University New York	USA	863033
12	University of Michigan	USA	861106
13	École Polytechnique Fédérale de Lausanne	Switzerland	834685
14	University of California San Diego	USA	832647
15	Yale University	USA	796336
16	Michigan State University	USA	783142
17	Imperial College London	United Kingdom	757815
18	Duke University	USA	748019
19	University of Washington	USA	744378
20	University of California Los Angeles UCLA	USA	729345

8. ábra: Webometrics Google Scholar idézettségi alapú világranglista első 20 egyeteme.

A fenti táblázatból kiolvasható, hogy a Webometrics, Google Scholar idézettségi alapú világranglista első 20 egyeteme között:

15 egyetem észak-amerikai (USA),

5 egyetem európai (4 Nagy-Britannia, 1 Svájc).

A világranglista 12 legjobban rangsorolt magyar egyeteme:

312. Eötvös Loránd Tudományegyetem ELTE, 177350 idézet.

590. Debreceni Egyetem DE, 93624 idézet.

734. Szegedi Tudományegyetem SZTE, 71015 idézet.

747. Semmelweis Egyetem SE, 69979 idézet.

751. Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem BME, 69570 idézet.

770. Pécsi Tudományegyetem PTE, 67672 idézet.

1071. Pannon Egyetem, 41018 idézet.

1359. Óbudai Egyetem, 26465 idézet.

2146. Szent István Egyetem SZIE, 11038 idézet.

2150. Budapesti Corvinus Egyetem BCE, 10998 idézet.

2370. Miskolci Egyetem ME, 9026 idézet.

2403. Pázmány Péter Katolikus Egyetem PPKE, 8674 idézet.

Az Óbudai Egyetem rangsorolása:

2016-os ranglistán 1756 pozíció, 11275 idézet,

2017-es ranglistán 1359 pozíció, 26465 idézet.

Az Óbudai Egyetem, a 2016-os rangsorhoz viszonyítva, a 2017-es Webometrics egyetemi világranglistán 397 helyezéssel javította pozícióját.

4 NATIONAL TAIWAN UNIVERSITY EGYETEMI VILÁGRANGLISTA

Minden évben október 10-én, a National Taiwan University, NTU publikálja az egyetemi világranglistát [21]. Az NTU kritériumokat, indikátorokat és súlyzókat a 9. ábrán [22] mutatjuk be:

Criteria	2017 Overall Performance Indicators	Weighting
Research productivity	Number of articles in the last 11 years* (2006-2016)	10%
	Number of articles in the current year (2016)	15%
Research impact	Number of citations in the last 11 years* (2006-2016)	15%
	Number of citations in the last 2 years (2015-2016)	10%
	Average number of citations in the last 11 years* (2006-2016)	10%
Research excellence	h-index of the last 2 years (2015-2016)	10%
	Number of Highly Cited Papers* (2006-2016)	15%
	Number of articles in the current year in high-impact journals (2015-2016)	15%

9. ábra: NTU kritériumok, indikátorok és súlyzók.

A 10. ábrán áttekinthetjük, 2017.10.10-én publikált 800-as NTU ranglista legjobban rangsorolt 20 egyetemét [23].

World Rank	University	Total Score details
1	Harvard University	98.1
2	Johns Hopkins University	93.4
3	Stanford University	93.3
4	University of Toronto	92.7
5	University of Oxford	91.2
6	University of Washington, Seattle	89.9
7	Massachusetts Institute of Technology	88.5
7	University of Michigan, Ann Arbor	88.5
9	University of California, Berkeley	86.6
10	University of London, University College London	86.5
11	University of California, Los Angeles	86.0
12	Columbia University	85.6
12	University of Cambridge	85.6
14	University of Pennsylvania	85.2
15	University of California, San Francisco	81.7
16	Imperial College London	81.6
17	University of California, San Diego	80.6
18	Yale University	79.1
19	Duke University	78.5
20	University of Chicago	77.0

10. ábra: National Taiwan University, NTU 2017-es világranglista első 20 egyeteme.

A fenti táblázatból kiolvasható, hogy a National Taiwan University, NTU 2017-es világranglista első 20 egyeteme között:

16 egyetem észak-amerikai (USA),
4 egyetem európai (Nagy-Britannia).

A 11. ábrán áttekinthetjük, 2017.10.10-én publikált, NTU egyetemi világranglista magyar egyetemi rangsorát [24].

World Rank	Country Rank	University	Total Score details	Ref. Rank (normalized by number of faculty)
501-600	-	Eotvos Lorand University	-	601-700
501-600	-	Semmelweis University	-	501-600
601-700	-	University of Debrecen	-	601-700
601-700	-	University of Szeged	-	701-800

11. ábra: NTU 2017-es világranglista magyar egyetemi rangsora.

ÖSSZEGEZÉS

Az egyetemi világranglistákon a jobb pozíció megszerzése szempontjából évről-évre kiélezettebb verseny folyik az egyetemek között.

Bemutattuk az ARWU sanghaji, a Webometrics Google Scholar idézettségi alapú és a NTU taiwani 2017-es egyetemi világranglistákat.

Külön figyelmet fordítunk a magyar egyetemek rangsorolására.

Az Óbudai Egyetem, a 2016-os rangsorhoz viszonyítva, 397 helyezéssel javította pozícióját a Webometrics egyetemi világranglistán.

IRODALOMJEGYZÉK

- Braun, T. (2010). Egyetemek a világrangsorok bővületében, *Magyar Tudomány*, 171. évfolyam, 2010/7 szám, 816-824.
- Mester, Gy. (2011). Academic Ranking of World Universities 2009/2010, Ipsi Journal, *Transactions on Internet Research, TIR*, ISSN 1820 – 4503, 7(1), New York, Frankfurt, Tokyo, Belgrade, 44-47.
- Mester, Gy. (2011). Felsőoktatási világranglisták 2011, *Proceedings of the Informatika a felsőoktatásban 2011 Konferencia*, ISBN 978-963-473-461-1, DOI: 10.13140/RG.2.2.30484.19845, Debrecen, Hungary, 269-277
- Mester, Gy. (2013). Univerziteti regiona na Sangajskoj rang listi univerziteta u svetu 2012, *Proceedings of the XIX Skup Trendovi Razvoja: "Univerzitet na tržištu..."*, paper No. T1.1-1, ISBN: 978 86 7892 495 9, Maribor, Pohorje, Slovenija, 1-5.
- Rodic, A., Mester, Gy., & Stojković, I. (2013). Qualitative Evaluation of Flight Controller Performances for Autonomous Quadrotors, *Intelligent Systems: Models and Applications*, Endre Pap (Ed.), *Topics in Intelligent Engineering and Informatics*, 3, (2), ISSN 2193-9411, ISBN 978-3-642-33958-5, DOI 10.1007/978-3-642-33959-27, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 115-134.
- Mester, Gy. (1995). Neuro-Fuzzy-Genetic Trajectory Tracking Control of Flexible Joint Robots, *Proceedings of the I ECPD International Conference on Advanced Robotics and Intelligent Automation*, Athens, Greece, 93-98.
- Mester, Gy. (2013). ARWU egyetemi világranglista, *Vajdasági Magyar Tudóstalálkozó, Szabadka, konferenciakötet*, pp. 274-279, ISBN 978-86-89095-04-3, Újvidék, 274-279.
- Mester, Gy. (2014). Új tudományos eredmények mérése, *Konferencia kiadvány, XXX. Kandó konferencia*, ISBN 978-615-5460-24-1, Budapest, 1-10.
- <http://www.shanghairanking.com/ARWU2017.html>, 2017.10.15.
- <http://www.shanghairanking.com/Shanghairanking-Subject-Rankings/index.html>, 2017.10.15.
- Mester, Gy. (2015). New Trends in Scientometrics, *Proceedings of the SIP 2015, 33rd International Conference Science in Practice*, Schweinfurt, Germany, 22-27.
- <http://webometrics.info/en/node/169>, 2017.10.15.
- Mester, Gy. (2017). Rangiranje svetskih univerziteta na bazi citata iz Google Scholar, *TREND 2017, XXIII Skup Trendovi Razvoja "Položaj visokog Obrazovanja i Nauke u Srbiji"*, Zbornik radova, Ed. Vladimir Katic, paper No. T2.2-2, ISBN 978-86-7892-904-5, Zlatibor, Serbia, 265-268.
- Mester, Gy., (2017). Ranking of Croatian Researchers from Several Disciplines using Google Scholar Database, *Interdisciplinary Description of Complex Systems: INDECS*, 15(2), ISSN 1334-4684, Croatian Interdisciplinary Society, DOI: 10.7906/indecs.15.2.6, 169-174.
- Mester, Gy. (2017). Rank of Hungarian Researchers Born in Vojvodina in Natural Sciences, Techniques and Human Sciences, *Review of the National Center for Digitization*, Faculty of Mathematics, University of Belgrade, Ed. Nenad Mitic, ISSN: 1820-0109, Issue: 30, pp. 28-34.
- Mester, Gy. (2016). Tudományos teljesítmény mérése, idézetek, h index, *Proceedings of 8th International Engineering Symposium at Bányi, IESB 2016*, Ed. Drégelyi-Kiss Ágota, ISBN: 978-615-5460-95-1, paper 57, Óbuda University, 1-10.
- Mester L. Gy. (2015). Measurement of results of scientific work, *Tehnika-Mašinstvo*, 64(3), ISSN 0040-2176, Beograd, Srbija, 445-454.
- Mester, Gy., Pletl, Sz., Pajor, G., & Rudas, I., (1995). Adaptive Control of Robot Manipulators with Fuzzy Supervisor Using Genetic Algorithms, *Proceedings of International Conference on Recent Advances in Mechatronics, ICRAM'95*, O. Kaynak (ed.), Vol. 2, ISBN 975-518-063-X, Istanbul, Turkey, 661-666.
- Rajnai, Z., & Miklós, S., (1997). Út a digitális kommunikációs rendszer felé, II, *Nemzetvédelmi Egyetemi Közlemények*, 1(2), 217-229.
- Mester, Gy, Pletl, Sz., Pajor, G., & Jeges, Z., (1992.) Flexible Planetary Gear Drives in Robotics, *Proceedings of the 1992 International Conference on Industrial Electronics, Control, Instrumentation and Automation - Robotics, CIM and Automation, Emerging Technologies, IEEE IECON '92*, Vol. 2, ISBN 0-7803-0582-5, DOI: 10.1109/IECON.1992.254556, San Diego, California, USA, 646-649.
- <http://nturanking.lis.ntu.edu.tw/>, 2017.10.15.
- <http://nturanking.lis.ntu.edu.tw/BackgroundMethodology/Methodology-enus.aspx>, 2017.10.15.
- [http://nturanking.lis.ntu.edu.tw/DataPage/OverallRanking.aspx?y=2017,2017.10.15.](http://nturanking.lis.ntu.edu.tw/DataPage/OverallRanking.aspx?y=2017,2017.10.15)
- [http://nturanking.lis.ntu.edu.tw/DataPage/OverallRanking_Countries.aspx?query=&country=Hungary&y=2017,2017.10.15.](http://nturanking.lis.ntu.edu.tw/DataPage/OverallRanking_Countries.aspx?query=&country=Hungary&y=2017,2017.10.15)