



Az Óbudai Egyetem lektorált folyóirata
Peer-reviewed journal of the Óbuda University

Rovatok	Columns
Anyagtudomány és technológia	Materials science and technology
Autonóm robotok és rendszerek	Autonomous robots and robot systems
Biztonságtudomány	Safety science
Géptervezés	Machine design
Gyártástechnológia	Manufacturing technology
Karbantartás és diagnosztika	Maintenance and diagnostics
Kritikus infrastruktúra és kiberbiztonság	Critical infrastructure and cyber protection
Megújuló energiák	Renewable energies
Mérési és minőségbiztosítás	Measurement techniques and quality assurance
Munkavédelem, ergonómia	Work protection, ergonomics
Műszaki informatika	Technical informatics
Műszaki matematika	Technical mathematics
Tribológia	Tribology

E számunk szerzői/authors of this issue

Kiss Gábor, Berecz Csilla Éva, Tóth László, Haraszti Ferenc, Őrsi Arnold, Fejes Gergő Richárd, Gonda Viktor, Nurşen Saklakoğlu, Firat Ünalp, Mehmet Cem Demir, Çağlar Hocalar, Selçuk Demirok, Kulcsár Klaudia, Kónya János, Farkas Gabriella, Sipos Sándor, Ráczi Viktor, Viplak Armand Máté, Kovács Tibor, Fehér András István, Ivona Ninkov, Szabó Zsolt, Malak M. Shatnawi

Bánki Közlemények– Bánki Reports
Az Óbudai Egyetem lektorált folyóirata

ISSN 2560-2810

<http://bk.bgk.uni-obuda.hu>

A folyóirat célja magas színvonalú tanulmányok, kutatási jelentések, beszámolók megjelentetése a biztonságstudományok, közlekedéstudomány, anyag és gyártástudomány, munkavédelem és egészségbiztonság tudomány területéről.

Megjelenés félévente, jellemzően magyar és angol, eseti jelleggel egyéb idegen nyelven. Konferenciákhoz és témákhoz kapcsolódóan különszámok, tematikus számok alkalmi jelleggel magyar, vagy idegen nyelven.

Szerkeszti a szerkesztőbizottság.

A szerkesztőbizottság elnöke	Prof. Dr. Rajnai Zoltán
Főszerkesztő	Dr. Drégelyi-Kiss Ágota
Felelős szerkesztő	Beláz Annamária
A szerkesztőbizottság tagjai	Dr. Czifra Árpád
	Dr. Goda Tibor
	Dr. Szabolcsi Róbert
	Dr. Szabó József
	Dr. Hanka László
	Tóthné dr. Laufer Edit
	Dr. Kovács Tünde
	Dr. Horváth Richárd
	Dr. Farkas Gabriella
	Bakosné Dr. Diószegi Mónika
	Dr. Szabó Gyula
	Prof. Dr. Kovács Tibor

A szerkesztőbizottság munkáját tudományos-szakmai tanácsadó testület segíti.

Szerkesztőség

Óbudai Egyetem
1034 Budapest, Bécsi út 96/B.
bankikozlemenyek@gmail.com

Felelős kiadó | az Óbudai Egyetem rektora

A Bánki Közlemények folyóiratban csak két független lektor által lektorált és megjelentetésre alkalmasnak tartott tanulmányok jelenhetnek meg. A beküldött kéziratoknak formai és tartalmi szempontból egyaránt meg kell felelnie a Folyóirat weboldalán közzölt elvárásoknak. El nem fogadott kéziratokat nem áll módunkban visszaküldeni.

Tartalom

Autonóm robotok és rendszerek | Autonomous robots and robot systems

A jövő közlekedése vagy sebezhető eszköz az önvezető autó? (5-10 p.)

Anyagtudomány és Technológia | Materials science and technology

Hőkamera alkalmazása kontaktkorrózió vizsgálatára pilóta nélküli repülőgéppel (11-15 p.)

Könyöksajtolt réz átalakulási kinetikájának vizsgálata (16-22 p.)

Effect of Cooling Rate on the Microstructure and Mechanical Properties of Low Carbon Steel (23-28 p.)

Geometric design of sleeve and abutment for subperiosteal implants using finite element analysis (29-34 p.)

Gyártástechnológia | Manufacturing Technology

A felületképzés elemzése többirányú esztergáláskor (35-44 p.)

Biztonságtudomány | Safety Sciencee

Atomerőművek fizikai védelmi követelményei és együttműködése más területekkel (45-51 p.)

Térfigyelő kamerarendszerek általános rendszerkövetelményei (52-58 p.)

A right to privacy as a fundamental human right in correlation with data protection (59-63 p.)

What makes an information security training project successful? (64-69 p.)

Egyéb | Others

Applying Information Security Risk Management Standards Process for Automated Vehicles (70-74 p.)

Köszöntő

Tisztelt Olvasó!

A Bányi Közlemények 2019. évi 1. száma a korábbiakhoz hasonlóan gyakorlatban hasznosítható tanulmányokat közöl, azonban számos elméleti és történeti áttekintést nyújtó elemzéssel is találkozhat.

Jelen szám első cikkében Dr. Kiss Gábor, Berecz Csilla Éva és Tóth László arra keresik a választ, hogyan formálja át a közlekedés, sőt a járművek szerepét az önvezető technológia. Kifejtik az önvezetés és a mesterséges intelligencia ötvözésének lehetőségeit, biztonsági kihívásait. Hasonló témát jár körül a Biztonságtudományi Doktori Iskola doktorandusza Malak M. Shatnawi. A szerző tanulmányában kifejti, hogyan alkalmazhatók az információbiztonsági kockázatmenedzsment elvek az önvezető járművek által keltett kockázatok mérséklésére.

A Gyártástechnológia rovatban ez alkalommal Farkas Gabriella, Sipos Sándor és Rácz Viktor összegző munkáját közöljük. A szerzők az esztergálás megújítását jelentő többirányú megmunkálást lehetővé tevő szerszámok nagyolásra és simításra szolgáló lapkákkal végzett tesztjeinek eredményeit foglalják össze szemléletes módon.

A Bányi Közlemények készséggel ad publikálási lehetőséget külföldi kutatók, oktatók és szakemberek számára. Ez alkalommal a 'Rights 4 All' nevet viselő civil szervezet szakértője Ivona Ninkov tanulmányát közöljük, amely a magánélethez való alapvető jog és az adatvédelem viszonyát tárgyalja az Európai Általános Adatvédelmi Rendelet (GDPR) fényében.

A szerkesztőség nevében hasznos olvasást kívánok!

Dr. Drégelyi-Kiss Ágota

Főszerkesztő

Beláz Annamária

Felelős Szerkesztő

A jövő közlekedése vagy sebezhető eszköz az önvezető autó?

Will autonomous driving be the transportation of the future or is it just another dangerous technology?

Dr. Kiss Gábor*, Berecz Csilla Éva *, Tóth László *

* Óbudai Egyetem, Budapest, Magyarország

kiss.gabor@bgk.uni-obuda.hu, csilla.eva.96@gmail.com, lacko.toth55@gmail.com

Összefoglalás — Egyre többet hallani az önvezető autókról napjainkban és egyre több cég látja a jövő részének ezt a technológiát és foglalkozik a fejlesztésével. A járművek szerepe most még csak az, hogy eljuttassanak a célállomásra emberi irányítással, de a fejlődés és a kényelemre való törekvés miatt kialakuló önvezetés a jövőben lehetővé teszi ennek a megváltozását. Azonban egy fejlesztés alatt álló technológiáról van szó, ahol a közbeavatkozás lehetőségét veszik el, így a biztonság és megbízhatóság elengedhetetlen. Az önvezetés és a mesterséges intelligencia ötvözése egyszerre teremt hatalmas lehetőségeket és rejthet magában ugyanekkora veszélyt is.

Kulcsszavak: autonóm, veszélyek, átverések, mesterséges intelligencia, Norman

Abstract — Nowadays, autonomous driving is a popular field of development in automotive industry and it is trending in media too. Numerous producers had started their development in this area, it seems, it will be an inseparable part of our future. People use cars only to move from A to B, but the technology of autonomous driving could change it, because the time of travel could turn into a usable time. Meanwhile, this kind of travel take away the option of intervention from human beings, so it have to be safe. The combination of artificial intelligence and autonomous driving carries huge advantages but it also includes as many disadvantages.

Keywords: autonomous, danger, scam, artificial intelligence, Norman

1 BEVEZETÉS

A világunk már elképzelhetetlen a mindennapi ingázás és a hosszú utazások lehetősége nélkül, ugyanakkor a digitalizáció szépen lassan átterjed erre a területre is, így lassan információhordozóként is kell tekintenünk a járművekre. Hatalmas lehetőségek rejlenek abban, hogy egy autó képes idomulni a tulajdonosához, a közlekedéshez és a környezethez egyszerre. A közlekedésnek ez teljesen új irányt adhat, ehhez azonban szükséges egy olyan technológia kidolgozása, ami minden szempontból biztonságos, így az emberi tényező teljesen kizárhatóvá válik. Az önvezetés jó irányban halad ezen az úton, elterjedésének mégis 3 nagy feltétele van: a technológia tökéletesítése, a jogi szabályozás és az etikai megfelelés. Ezek hiányában még hosszú évekig kell várnunk, mire napjaink részévé válhat.

A cikk célja az önvezetés alapjainak és jelen helyzetének rövid ismertetése után olyan szituációk, körülmények és esetek leírása, amivel prezentáljuk, hogy ezek a járművek nemcsak hackelés útján befolyásolhatóak, elegendő hozzá mindössze némi kreativitás és a megfelelő eszközök megléte.

2 SZINTEK

A Society of Automotive Engineers (SAE) J3016_201609 „Taxonomy and Definitions for Terms Related to On-Road Motor Vehicle Automated Driving Systems” szabványában meghatározott szintek szerint osztályozzák általában a járműveket. Röviden összefoglalva a szintek lényegi jellemzőit: a 0. szinten semmilyen vezetéstámogató funkcióval nem rendelkeznek, az 1. szinten vannak a vezetés támogatással felszerelt járművek, a 2. szinten már nagyon rövid időre képes átvenni az irányítást a jármű, a harmadik szinten megfelelő körülmények között képes vezetni, azonban a körülmények megváltozása esetén azonnal visszaadja az irányítást és vészfékezésbe kezd, a 4. szintű autók viszont már képesek magukat kivezetni a forgalomból és így biztonságosan visszaadni a kormányzást. Végül, az 5. szint a teljes önvezetés szintje, ahol előreláthatólag már nincsenek pedálok, kormány, tulajdonképpen sofőr sem.

Azonban az 5. szint még nincs készre fejlesztve, így az elterjedésére előreláthatóan sokat kell várni. Ugyanakkor 4. szintű önvezetésre képes autót már mutattak be, a horvát Rimac cég Concept Two modelljének tulajdonosai 2020-ban ülhetnek bele a járműveikbe [1] (a tervezett mennyiség már el is kelt, közel 680 millió (Forint) darabáron), de már kamionoknál is feltűnt 4. szintű önvezetésre képes jármű, a Ford F-Vision Future Truck [2]. A személyautók sorában pedig a Volvo 360c koncepcióautója már képes az 5. szintű önvezetésre. Ez a típus arra lett tervezve, hogy képes legyen kiváltani a rövidebb repülőutakat, így a légiutak forgalmát csökkenti [3].

3 SZENZOROK ÉS MESTERSÉGES INTELLIGENCIA

Az autonóm járművek felszereltsége a legtöbb esetben radarból, kamerából, LiDAR-ból és ultrahangból áll. A rendszereket LiDAR vagy kamera alapúnak nevezhetjük, mivel, ha egy rendszer nem tartalmaz LiDAR-t, a működése leginkább a kamerák képeinek elemzéséből származó adatokon alapszik. A felszereltség tervezésekor

fontos a szenzorok elhelyezése, mivel a járműnek 360 fokban érzékelnie kell maga körül a környezetet. Az eszközök a legtöbb esetben már annyira kicsik, hogy alig vesszük észre, gondoljunk a Teslákra, ahol már szinte nem is láthatóak vagy az Uber taxikra, ahol csak a LiDAR látható a tetőn. A szenzorok kommunikációja a biztonság miatt vezetékiesen megoldott, amihez leggyakrabban a FlexRay kommunikációs rendszert - melyet az ISO 17458-1:2013 szabvány ír le -, illetve a Controller Area Network (CAN) protokollt használják, amit kifejezetten az önvezető járművekhez fejlesztettek ki.

A beérkező adatok feldolgozásakor a szenzorok fúziója lehet alacsony szintű, amikor csak összehasonlítás történik, vagy lehet magas szintű, amikor következtetni kell a beérkező adatok alapján. A szenzorokból érkező adatokat 3. szintű vagy annál magasabb önvezetésnél már mesterséges intelligencia (MI) kezeli, ami képes 1/30 másodperc alatt feldolgozni azokat, döntést hozni és akciót kezdeni, mivel ezeken a szinteken a rendszer már képes rövidebb vagy hosszabb ideig vezetni a járművet.

4 AZ ÖNVEZETÉS JELENLEGI TECHNOLÓGIÁJÁBAN REJLŐ VESZÉLYEK

Mivel az önvezetés még fejlesztés alatt álló terület, így rengeteg olyan aspektusa akad, ami veszélyt hordozhat magában, annak ellenére, hogy különböző fejlettségű szinten már kereskedelemben is kapható a technológia, ennek is köszönhető, hogy még nem bíznak benne eléggé az emberek, hiszen gyakran hallani az önvezetés szó kapcsán a balesetet is.

4.1 Időjárás

Az időjárás szerepe a közlekedés minden esetében jelentős, hiszen rossz időben vagy nem mozdulunk ki, vagy a kisebb távolságokra is autóbá ülünk, tömegközlekedést veszünk igénybe. Az időjárás elsősorban a látási viszonyokra és a jármű tapadására van hatással, de ezeken keresztül az egész forgalmat képes meghatározni. Jelenleg ugyanolyan ellensége lehet egy önvezető autónak, ahogy egy sofőrnek. A LiDAR alapú rendszerek nagy hátránya, hogy kedvezőtlen időjárás esetén - pl. köd - nem biztosítanak pontos eredményeket. A kamera és az időjárás viszonya nyilvánvaló, hiszen 'vakka' teheti a járművet. Egy kamera alapú rendszer biztonsága mégis jobbnak tekinthető ilyen helyzetben, mivel 8-10 kamerával is rendelkezik, míg a LiDAR-ból jóval kevesebbet tesznek egy járműre. A gyártók az ilyen veszélyek elkerülése érdekében redundáns rendszereket építenek, de felmerül, hogy csak a radar és az ultrahang adatai alapján irányíthat egy viharban a MI vagy csak a biztonságos megállásra lesz elég?

Az elhelyezés fontossága már említésre került, de az időjárás vonatkozásában is meg kell említeni, mivel a pozicionálás érzékennyé teszi őket a fizikai hatásokra is, a felferődő sár és kosz bármelyik szenzort kiiktathatja, a kavicsok pedig karcolásokat és egyéb sérüléseken okozhatnak a lencséken vagy rosszabb esetben kárt tehetnek az eszközben, ami így valószínűleg már nem lesz képes adatokat szolgáltatni.

A jó idő is ugyanannyi átgondolást kíván, mint a rossz. Előfordulhat, hogy a Nap pont olyan szögben süt a

kamerára, hogy elvakítja azt - márpedig a szemmagasságban elhelyezett kamerával megtörténhet, akár csak egy sofőrrel -, máris kiesett egy szenzor (1. ábra).



1. ábra: Láthatatlan felfestés a napsütés miatt

Ennek érdekében már a tervezéskor fontos figyelembe venni, hogy a kamerák látómezőjének legyen metszete, egy kamera kiesésekor ne maradjon kritikus vakfolt és lehetőség szerint különböző magasságokban érdemes elhelyezni őket.

4.2 Infrastruktúra

Az utak minősége és állapota kritikus szempont, ezért is valósul meg jelenleg legfőképp az autópályán az önvezetés, mivel az ottani körülmények ideálisak, kevés a zavaró vagy felesleges tényező, amit számításba kell venni.

A különböző javítások és karbantartások napjainkban nem mindig kifogástalan minőségűek, ami komoly gátja az önvezetés elterjedésének. Ilyen eset, amikor a régi sávokat fekete festékkel fedik, ami viszont erős fényben sokszor jobban csillog, mint a fehér festék, így akár erősebben is látszódnak.

A felfestések hiánya is megszokott kisebb településeken, azonban az önvezető autó biztonságát javítaná, ha mindenhol lenne. Egy hiányos vagy rossz minőségű felfestés esetén vetített sávokkal akár eltéríthető lehet a jármű, és a Mercedes-Benz Digital Light technológiája már képes is az ehhez szükséges vetítésre (2. ábra) [4].



2. ábra: Mercedes-Benz: Digital Light technológia

A kátyúk is problémát okozhatnak, mivel a rendszernek időben fel kell ismernie, hogy a kátyú kiküldése vagy az áthajtás a jobb megoldás illetve, amennyiben ez nem sikerülne, a keletkezett kár megtérítése is kérdéses, mivel Magyarországon az 1988. évi I. törvény 35.§ szerint az út kezelője köteles azt megfizetni, amennyiben a kátyú kiküldhetetlen volt. Az önvezető rendszernek fel kellene tudnia ismerni, de mindig akadhatnak kivételek, amik szabályozása a jog feladata lesz.

A kopott vagy hiányzó táblákkal való manipuláció is lehetőséget ad az autonóm jármű átverésére. A táblák módosításával a jármű útvonala befolyásolható vagy egy adott útszakaszra túl nagy forgalom terelhető, amivel túlterheltté válik, így szükség lenne egy olyan megoldásra, amivel hitelesíthetővé válnának a táblák és a jelentésük. Ez megoldható lenne az önvezetésnél elengedhetetlen központi térkép segítségével, ugyanakkor a valóság és a térkép esetleges eltéréseire is gondolni kell és szabályozni, hogy melyik is élvezzen elsőbbséget a döntéshozatalkor.

4.3 Mesterséges intelligencia

Az önvezető autók rendszerének alapja a mesterséges intelligencia, ami egyszerre kecséget számtalan lehetőséggel és okozhatja a legkomolyabb problémákat a működés közben. Alkalmazásának köszönhetően a közlekedés során végtelen számú variáció áll a rendszer rendelkezésére a döntés meghozásakor, mivel képes a környezetéhez, a tulajdonoshoz vagy utasokhoz és a szituációkhoz igazodva reagálni. Ugyanakkor mindig számításba kell venni azt, hogy a MI készítői továbbra is emberek. Ahogy nemrégiben a Teslánál is előfordult [5], egy elégedetlen munkatárs is elég ahhoz, hogy a korábbi munkákat tüzetesen át kelljen vizsgálni, mert fennáll a veszély, hogy nem megengedett módosítást hajtott végre a kódokon. Ez a biztonságon túl a gyártóknak is fejfájást okoz, hiszen addig semmiképpen nem termelhetnek, amíg teljes biztossággal nem vizsgálták ki a felmerülő veszélyt. A manipuláció okát fejtegethetnénk, de számunkra az eredmény számít leginkább. Az MIT-n idén tavasszal létrehozták a világ első pszichopata MI-t, elsősorban azért, hogy prezentálják, mekkora veszély rejtőzik a technológiában és az alkalmazásának területein [6]. Norman, a pszichopata MI-t, nem az általánosan használt MSCOCO adatbázissal tanították, hanem a Reddit egy részéről összeszedett képekkel, amiket azzal a céllal gyűjtöttek, hogy a halál részleteit dokumentálja (nem tartalmazott olyan képet, amin valós ember halála látható). Ezt követően elvégeztettek vele egy Rorschach tesztet, aminek az eredményét összehasonlították egy hagyományos MI válaszaival. A teszt kimutatta, hogy Norman teljesen más, sötét gondolatokra asszociált és általában erőszakos dolgokat látott a tinta-foltokon.

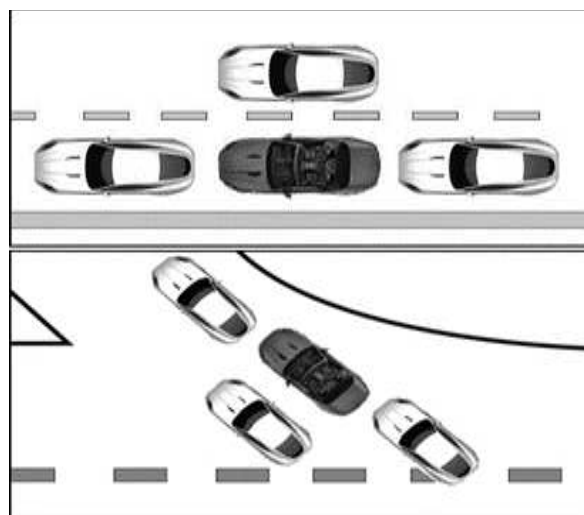
A Norman projekt másik célja az volt, hogy bizonyítsák, a tanítás a készítés során mennyire képes befolyásolni a MI-t. A MI készítése során többféle tanítás létezik, az önvezető autókban használtakat ellenőrzött tanulás segítségével fejlesztik. Ilyenkor a képeken előre meg van jelölve az objektum, amit fel kell ismerni, és ennek a beazonosításával tanul a MI. Az objektumok előre megjelölése monoton munka, legtöbbször diákok végzik vagy fejlődő országokban végeztetik olcsó munkaerővel [7], aminek a hátránya, hogy ezeken a helyeken kevésbé ellenőrzik a dolgozók személyazonosságát, így könnyű bejutni és hozzáférni ezekhez a gépekhez, vagy éppen könnyen rávehető, hogy manipuláljanak az eredményekkel.

Természetesen egy Normanhoz hasonló MI a fejlesztést követő tesztelés során valószínűleg elbukna, azonban ha úgy alkotják meg a kódot, hogy csak bizonyos hang, tábla, rádiójel, stb. kelti életre a MI romboló szándékait, máris egy jóval komplexebb problémával állunk szemben. Ez a lehetőség a tesztelés folyamán nem feltétlenül derül ki, amennyiben a választott jel elég ritka, így nagyon nehéz kivédeni, mégis olyan pusztítási lehetőség lakozik benne,

amitől tartani kell. Az IBM már létrehozott egy ezen az elven működő vírust, a neve DeepLocker [8].

4.4 Becsapdázás

A becsapdázás lényege az önvezető autó eltérítése, vagy megállásra kényszerítése azáltal, hogy körbeveszik (3. ábra). Ez elérhető azzal, ha beszorítjuk hagyományos járművek közé haladás közben, de elég lehet hozzá egy csapatnyi gyalogos is, amennyiben álló helyzetben van. Mivel az önvezető jármű arra fog törekedni, hogy ne ártson senkinek és betartsa a KRESZ-t, tehát ha körbeállják, nem lesz képes kitörni a gyűrűből. Ennek megelőzésére felvetődik a lehetőség, hogy helyezzenek el az autókban egy funkciót, amivel a sofőr felelősségére a jármű kitörhet, akár mások épségének kockáztatásával is. Ugyanakkor ennek a használata magával hoz olyan eseteket is, amikor jogtalanul használják, másnak kárt okozva, szélsőséges esetben akár halálos baleset is vezethet. Hogyan állapítható meg, hogy milyen esetben jogos és milyenben jogtalan a használata?



3. ábra: A becsapdázás lehetőségei

4.5 KRESZ be nem tartása

Problémát okozhatnak még a biciklisek és a motorosok is. Sokszor lehet olvasni vagy hallani arról, hogy számos kerékpáros, illetve motoros nem tartja be a KRESZ-t és ezzel balesetet okoznak. A biciklisekkel a legfőbb probléma az, hogyha autóúton haladnak, akkor gyakran nem tartják be a szabályokat és ezzel veszélyeztetik az autósok és a saját életét is. Hogyan döntene egy autonóm jármű, egy ilyen helyzetben? Valójában, a biciklisek és a motorosok problémáját ki lehetne azzal küszöbölni, hogy betartják a KRESZT-t, mivel azt autonóm jármű arra fog számítani, hogy mindenki betartja a KRESZ-t.

5 A KEZDETI KIHÍVÁSOK

Az önvezetés elterjedésének folyamatában kikerülhetetlen az a szituáció, amikor már közlekednek autonóm járművek, de még nem mindegyik az, tehát egy átmeneti időszak. Ez az időszak sok lehetőséget hordoz magában, ezek között akadnak előnyök és hátrányok is.

Amennyiben az emberi sofőrök máshogy fognak tekinteni az önvezetésre és bíznak majd abban, hogy az önvezető jármű megoldja a felmerülő helyzeteket, például elengedi őket, ha kicsit nagyobb lendülettel vágnak be elé,

abból sok baleset adódhat. Az autonóm jármű a szabályos és biztonságos közlekedésre fog törekedni, de nem tudjuk, hogy kit fog védeni. A benne ülőket? A labdáért kiszaladó gyereket? A szabálytalanul átkelő terhes nőt? Ki dönti el és változhat e ennek a megítélése? Lehet e, hogy országszintű szabályozást vezetnek be ennek a megoldására? Ezek az etikai kérdések még megoldatlan problémák, amit felmérésekkel szándékoznak orvosolni, ezáltal bevonva a szituációk megítélésébe a közlekedés többi résztvevőjét, tehát a rendszer a döntése alapját kellően nagyszámú emberi véleményre alapozhatja majd. Ez nem jelenti teljes bizonyossággal, hogy a helyes döntést fogja meghozni minden esetben, de ha belegondolunk, a helyes döntés sokszor szubjektív.

Ez a probléma az emberi hanyagságra, illetve a folyamatos rohanásra és a felgyorsult életvitelre vezethető vissza, ugyanakkor ugyanezen tényezők hívták életre az önvezetés technológiáját is. Az autonóm járművek megjelenésével egyszerűbb lesz majd a KRESZ betartatása vagy nehezebb? Hogyan fog hatni a sofőrök tudatalatti gondolkodására a fejlődés ilyen iránya? Abban biztosak lehetünk, hogy az autonóm járművek a be fogják tartani a követési távolságot és a beléjük kódolt biztonsági elvek érvényesítésére fognak törekedni. Azonban kritikus pontja az önvezetésnek az érzékelés. Késedelmi idő természetesen az autonóm járműnél is van, csak kisebb, mint az emberi sofőrnél. A keresztmetszetet az jelenti, hogy mennyi időbe telik felismernie az objektumot. Hasonló probléma merült fel az a Uber eseténél, ahol egy önvezető taxi elütött egy biciklit toló gyalogost. A nyomozás során kiderült, hogy először nem ismerte fel majd lényegtelen objektumként azonosította a nőt, ami végül halálos kimenetelű balesethez vezetett.

A késedelmi idő egy olyan időintervallum, ami az akadály észlelése és a beavatkozás között eltelik. A gépi fékberendezés okozza a késedelmet, mivel a fékpedál lenyomása után a hidraulikus rendszer tágulása folyamatos, mert a hirtelen tágulás azonnali fékezést eredményezne, de az sok esetben veszélyes lehet. Ez a folyamat 1 másodpercet vesz igénybe. Ennek a megoszlása a következő: az emberi reakció idő 0.7 másodperc, míg a hidraulikus fékberendezés gépi késedelme pedig körülbelül 0.3 másodperc [9]. A közlekedésben a látás útján történő információszerezés segítségével indul el a tudatos akadály felismerés három folyamata:

- a) az események többnyire valamely akadály véletlenszerű megpillantásával kezdődnek, amely sok esetben egy idegrendszeri automatizmus révén kiváltja valamely cselekvés elindítását anélkül, hogy arról különösebben döntenie kellene. Ez történik egy egyszerű reakció esetében, ahol az ingerre azonnali reagálás a válasz. Optimális tudati beállítódásban ez az idő az ember "belső felépítése" miatt legalább 100 ms, azaz egy tized másodpercnyi időt vesz igénybe. Érdekes, hogy ideális körülmények között végzett mérések során a mérési eredmények átlaga még a 180÷190 ms között mozgott. Megjegyzendő, hogy ez az egyszerű reakció is számos tényezőtől függ, például a kortól vagy a fáradtságtól.

- b) az ingert kiváltó tárgy vagy akadály észlelése általában nem a központi látómezőben (fovea) történik, tehát igen ritka amikor a vezető éppen arra tekint, ahol valamely számára lényeges és reakciót kiváltó inger megjelenik.
- c) az akadály felismerése jelenti azt az információtartalmat, amely végül a járművezetői tevékenységet a továbbiakban meghatározza.

Érintőlegesen ehhez kapcsolódik az is, hogy az autonóm járművek fizikai jellemzői kicsit megváltoznak a hagyományos autókhoz képest. Ez nem csak a design-ra vonatkozik, habár az elektromos autóknál és az önvezetőknél is megfigyelhető, hogy a koncepcióautók úgy néznek ki, mintha a jövőből érkeztek volna. Azonban az alacsonyabb szintű önvezetésnél bizonyos szempontból sokkal fontosabb a tervezői munka, mint a teljes önvezetés szintjén. Ugyanis a baleseteknél sok múlik a tervezésen és kivitelezésen, mivel a nem teljes önvezetés során a sofőrnek több időre van szüksége ahhoz, hogy visszavegye az irányítást a jármű felett kritikus helyzetekben. A Tesla autói nagyon jó eredményeket érnek el a törési teszteken [10], aminek nemcsak az utasok biztonsága az oka, hanem az is, hogy az elektromos autók esetében az akkumulátor sérülése fokozott veszélyt jelenthet a baleset és az azt követő tárolás során is [11].

6 A HAGYOMÁNYOS JÁRMŰVEK ÉS AZ AUTONÓM JÁRMŰVEK KOMMUNIKÁCIÓJA

A korábban említett átmeneti időszak egyik nehézsége lehet a járművek közti kommunikáció, mivel az autonóm járművek kapnak GPS adatokat és képesek a többi autonóm járművel folyamatos kapcsolatot fenntartani, így több típusú és több helyről származó adat áll a rendelkezésükre, például kátyúk helyét, baleset helyét, vagy út felújításokat, míg a hagyományos autósok ezekből információból ki lesznek zárva. Ez valószínűleg rövidíti az átmeneti időszakot, mégis ideális lenne egy megoldást találni, amivel növelhető a biztonság ebben a periódusban. Felmerül, hogy szinte mindenki birtokol okostelefont, így egy applikáció kézenfekvő megoldást jelentene, amivel venni lehet az autonóm járművek kommunikációja során kibocsátott jeleket, talán küldeni is képes némi adatot. Így a vezetés során az okostelefon kijelzőként funkcionálhat, amivel a hagyományos autók is részben autonóm járművekké válhatnak. Felvetődött ugyanakkor annak a lehetősége is, hogy akár bejelentéseket lehessen tenni ezen az applikáción keresztül, ha korábban még nem járt autonóm jármű azon a helyen. Ehhez szükséges a hangvezérlés beépítése a funkciók közé, mivel vezetés közben a sofőr nem képes kellő biztonsággal írásban bevinni az adatokat. Az új autókban előírás, hogy legyen vészhelyzetre esetre jelzőrendszer, ami elküldi az aktuális pozíciót a legközelebbi rendőrségnek és mentőállomásnak, azonban a régebbi modellekből ez hiányzik, így akár az is az applikáció része lehetne, hogy a telefon mérné a sebességet, gyorsulást és hirtelen fékezést, ahogy a navigáció során is teszi, és, ha egy hirtelen fékezés után nem észlel sebességnövekedést vagy más indokolatlan eseményt észlel, akkora hangszórón keresztül kérdezne, például „Minden rendben van?” és bizonyos ideig várna a választ (hangvezérlés útján vagy a kijelzőn feltűnő gombok segítségével). Amennyiben nem érkezik válasz, az idő letelte után automatikusan jelez a hatóságoknak és elküldi a GPS koordinátáit az illetékeseknek vagy esetleg

vészjelzést küldhet a közelben tartózkodó autonóm járműveknek.

7 KAMIONOK

Az önvezetés nem csak a személyszállításban hozhat úttörő lehetőségeket. Az autonóm teherszállítás jóval gyorsabb lenne a jelenleginél, mivel nincs szükség pihenőidőre, így a szállítás folyamatos lenne vagy éppen csak éjszaka valósulna meg, de akkor nagyobb sebességgel és nagyobb mennyiségű áruval a konvojoknak köszönhetően, így egyszerűbbé téve a nappali közlekedést. Ezt lehetővé tenné a platooning technológia, ami során a kamionok kisebb követési távolsággal haladnak, mivel digitálisan össze vannak kapcsolva. Ennek köszönhetően a szárazföldi szállítás ezen formája környezetkímélőbb lenne, mivel a kisebb követési távolságnak köszönhetően kisebb a károsanyag kibocsátás is. A platooning során a legelől haladó jármű irányítja a többi is, így gyorsabban képesek fékezni vagy különböző manőverbe kezdeni, így elég a kisebb követési távolság.

A legtöbb neves gyártó lát lehetőséget ebben, így foglalkozik önvezető kamionok fejlesztésével, ilyen a már említett Ford F-Vision Future Truck, a Volvo Vera vagy a Tesla Semi nevű modellje [2][12][13].

8 TÖMEGKÖZLEKEDÉS

Az önvezetés a tömegközlekedésre is jelentős hatással lehet, talán alapjaiban képes lenne megváltoztatni azt. Tömegközlekedés alatt nem elég az önvezető járművekre gondolni, napjainkban a különböző share szolgáltatásokkal is egyre nagyobb részét képviselik ennek a területnek. A Volvo kínálta lehetőség, amikor az autóban van egy állandóan helyén lévő 'pótkulcs' és egy applikáció segítségével kölcsönvehetjük az éppen nem használt autót a vezető engedélyével [14] egy olyan kezdeményezés, amikor egy jármű képes lenne többeket kiszolgálni a különböző idősávokban. A módszer nagyon hasonlít a különböző share szolgáltatásokra (e-bike, MOL Limó, stb.), ugyanakkor nagy előnye, hogy a parkoló autókat be lehetne vonni a forgalomba kihasználatlanságuk idején, így felszabadulnának a parkolóhelyek is és kevesebb autóra lenne szükség, ami által a technológia még a városképre is hatással lehetne. Természetesen szemben áll vele, hogy a saját autónkat nem adnánk oda akárkinek, de már az is lényeges változást hozna, ha egy jármű minket és az ismerőseinket is kiszolgálja.

8.1 Metró

Az önvezetés megvalósítása kötöttpályás közlekedésnél a legegyszerűbb, ezért is lett a metró elsők között képes önvezetésre (Budapesten az M4 metró). Ráadásul a metró esetében nem kell az időjárásra és egyéb külső tényezőkre olyan nagy hangsúlyt helyezni, mint a vasút esetén, ami tovább egyszerűsíti a megvalósítást. A metróalagutak a megálló területén mindenképp be vannak kamerázva, azonban ez sajnos a legtöbb esetben nem elég a jármű elé lépők biztonságos kimenekítéséhez és a metró tömege és sebessége miatt nem képes időben megállni ilyen szituációban. Mivel az önvezetés bevezetése előtt a legtöbb metrókocsi és -pálya is felújításra szorul, ajánlott lenne Magyarországon is bevezetni azokat a kapukat, amik csak

akkor nyílnak és engedik az utasokat a kocsiba szállni, amikor a szerelvény már a számára kijelölt helyen áll (4. ábra).



4. ábra: Biztonsági kapuk a japán metróban
<https://www.japantimes.co.jp/news/2012/01/17/reference/platform-doors/#.XDTz5FxFk100>

Elon Musk megálmodta a jövő forgalmának egy olyan módját, ami a metróalagutakba helyezné a közlekedés törzsét. A Boring Company nevű cége már el is készített 4 kilométernyi alagutat Hawthorneban (California) 2018 decemberig [15]. Ez a teszt alagút 10 millió dollárba került. Amennyiben ez a terv megvalósul, a korábban említett városkép változás hatványozottabban valósulhatna meg, hiszen ezáltal a közlekedés zömét a föld alá helyezné. Azonban egy ilyen útrendszer kiürítése vészhelyzet esetén önvezető, zárt járművekben ülő utasokkal egy komplex és veszélyes feladat lesz, főleg, ha a tervekben szereplő több szintnyi hálózat elkészül.

8.2 Villamos

A villamos önvezetése a busz és a metró között helyezkedik el a felmerülő nehézségek alapján, hiszen még kötöttpályás közlekedésről beszélünk, de már szükséges a környezethez való igazodás, az esetleges váratlan szituációkra a hirtelen reagálás. Ezt a Trolley probléma illusztrálja, mint etikai kérdést. Az eredeti szituációban egy vágánykezelőnek kell döntenie arról, hogy egy elszabadult villamost egy olyan pályára állítja, ahol csak egy embert üt el, vagy olyan pályára, ahol öt ember dolgozik. A modern változatát Philippa Foot filozófus fogalmazta meg 1967-ben, aki a szituációt egy itélethozatali környezetbe helyezte az esetet, szintén 1-5 arányban, ahol egy ártatlan elítéléséért cserébe öt túszt engednek szabadon [16]. Ezen keresztül érezhető, hogy az önvezetés során az etikai kérdésekre nagy hangsúlyt kell helyezni, mert a nagyvárosi közlekedésben a hasonló esetek egyszerűbb változatai mindennaposak lehetnek, és a biztonság növelése érdekében szilárd alapokon nyugvó döntést kell hoznia a járműnek, amivel a lehető legkisebb kárt okozza az élőlényekben.

8.3 Busz

A busz hasonlít leginkább - a taxi mellett - a személyautók nyújtotta utazásra, azonban itt jóval több, mint 5-6 személyről beszélünk egy járműben, aminek kötött az útvonala és a menetideje is. Gondolni kell mégis olyan tényezőkre a biztonság érdekében, mint az utolsó utáni pillanatban felszálló utas, a csukódó ajtó szárnyai

közé beakadt kar, a mozgássérült utas lassabb felszállása vagy épp felszállásának biztosítása segítség nélkül, amik a személyautók esetében nem felmerülő problémák. Manapság ezekkel már fel vannak szerelve a buszok, azonban sok működése emberi beavatkozást vagy felügyeletet igényel, hogy a biztonság a megfelelő szintű legyen. Egy önvezető busz esetén a rendszerhez kell adni az ajtók biztonságos csukódását ellenőrző elemeket (nyilván már most is megtalálható a buszokon), azonban ezek a jelenlegieknél érzékenyebb beállítást igényelnek majd a balesetek elkerülése végett. Az utastérben vészmegállító gomb elhelyezése is indokolt lehet azokra az esetekre, amikor mégis rendkívüli esemény következne be és a rendszer figyelmen kívül hagyja azt valamilyen okból, így az utasok felülbíráhatják a helyzet megfelelő kezeléséért. Az ilyen vészmegállító gombokkal indítható cselekedet lehet az azonnali fékezés, ami azonban felelőtlen használat esetén bajt okozhat, vagy a lehúzóadás és megállás, ami viszont nem minden szituációban megoldható, főleg egy busz számára.

ÖSSZEFOGLALÁS

Mindezek után biztosak lehetünk abban, hogy az önvezetés a jövő elkerülhetetlen részlete, azonban jelenleg nem áll olyan szinten a technológia és a közúti infrastruktúra, hogy a mindennapjaink része lehessen az elkövetkező években. A korábban felsorolt problémák csak kiragadott lehetőségek arra, hogy prezentálják egy hagyományos autó függését a sofőrjétől, még abban az esetben is, ha fel is van szerelve vezetéstámogató funkciókkal és ezt a függést egy önvezető rendszer még nem képes biztonságosan feloldani, de a fejlesztés sebessége hihetetlen módon növekszik, így ez akár már a mi életünkben megvalósulhat.

Az önvezetés kapcsán nem csak az utasok és a jármű biztonságára kell gondolnunk, hiszen láthattuk, hogy ezeket az autókat már valószínűleg erősebbre tervezik és a széleskörű elterjedés után már kevesebb karambol, illetve ütközés valószínű a járművek közti kommunikációnak köszönhetően. Az etikai kérdések azonban lényegesek, hiszen a környezetben tartózkodó élőlények biztonsága is ugyanolyan cél, mint az utazóké. Ezekre a választ nehéz megadni, hiszen nincs olyan döntés, ami mindenki számára kedvező lenne.

Az autonóm járművek által nyújtott lehetőségek rengeteggel előnyvel fog járni, például képes lesz a közlekedést dinamikusabbá, biztonságosabbá tenni, valószínűleg csökken közúti baleset által okozott halálok száma, ami jelenleg évi 1,3 millió. A humán faktor kizárásával az utazási idő hasznos idővé alakulhat, ezáltal megrövidítve a munkahelyen eltöltött időt és kizárhatja a gyenge képességű vagy idős sofőröket, nem legutolsó sorban pedig szélesebb réteghez juttathatja el a kényelmes közlekedést.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A cikk kutatásaihoz az Új Széchenyi Terv keretein belül az EFOP-3.6.2-16-2017-00016 számú projekt biztosított forrást. A kutatás az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] 680 millió forintért viszik, mint a cukrot a horvátok Tesla-verő csodaautóját. *hvg.hu*
http://hvg.hu/cegauto/20180401_680_millio_forintert_viszik_mint_a_cukrot_a_horvatos_tesla_vero_csodaautojat
- [2] Papp, T. (2018). A jövő kamionja elektromos és vezeti önmagát. *Totalcar Magazin*
https://totalcar.hu/magazin/2018/09/25/hannover_lapozgato/
- [3] Andróczy, B. (2018). Repülő-utasokat rabolna a Volvo legújabb járműve. *Totalcar Magazin*
https://totalcar.hu/magazin/hirek/2018/09/05/repulo-utasokat_rabolna_a_volvo_legujabb_jarmuve/
- [4] Tóth, Z. (2018). Full-HD-ben vetít a jövő autólámpája. *Totalcar Magazin*
https://totalcar.hu/magazin/hirek/2018/03/07/full-hd-ben_vetit_a_jovo_autolampaja/?token=74a0fa51be53a4b61b5b987274c38cd4
- [5] Kolodny, L. (2018). Elon Musk emails employees about 'extensive and damaging sabo-tage by employee. *CNBC*
<https://www.cnbc.com/2018/06/18/elon-musk-email-employee-conducted-extensive-and-damaging-sabotage.html>
- [6] Cebrian, M., Rahwan, I. & Yanardag P.: AI-Powered Psychopath. <http://norman-ai.mit.edu>
- [7] Lee, D (2018). Why Big Tech pays poor Kenyans to teach self-driving cars. *BBC*
<https://www.bbc.com/news/technology-46055595>
- [8] Kirat, D., Jang, J. & Stoecklin M. (2018). Deeplocker – Concealing Targeted Attacks with AI Locksmithing. *Blackhat USA 2018. augusztus 9.*
<https://www.blackhat.com/us-18/briefings/schedule/#deeplocker--concealing-targeted-attacks-with-ai-locksmithing-11549>
- [9] Dr. Melegh Gábor "Reakcióidő a közlekedésben" könyvébe lett publikálva
http://www.nye.hu/ktit/sites/www.nye.hu.ktit/files/dokumentumok/E_segedletek/Kozlekbizt/Reakci%C3%B3id%C5%91Melegh.pdf
- [10] Lambert, F. (2018). Tesla Model 3 gets perfect 5-star safety rating in every category from NHTSA. *Elektrek*
<https://electrek.co/2018/09/20/tesla-model-3-5-star-safety-rating-nhtsa/>
- [11] Yoney, D. (2018). Tesla Battery Reignites 6 Days After Crash. *INSIDEEVs*
<https://insideevs.com/tesla-battery-reignites-6-days-after-crash/>
- [12] Volvo Trucks Global (2018). Vera.
<https://www.volvotrucks.com/en-en/about-us/automation/vera.html>
- [13] Tesla (2017): Semi.
<https://www.tesla.com/semi>
- [14] Csikós, Zs. (2017). Ez ütni fog, Menetpróba: Volvo XC40, *Totalcar Magazin*
https://totalcar.hu/tesztek/2017/11/24/menetproba_volvo_xc40_2017/
- [15] The Boring Company (2018). Hawthorne Test Tunnel.
<https://www.boringcompany.com/testtunnel/>
- [16] Foot P. (1967). The Problem of Abortion and the Doctrine of the Double Effect, *Oxford Review*. No. 5. , pp 5-15

Hőkamera alkalmazása kontaktkorrózió vizsgálatára pilóta nélküli repülőgéppel

Thermographic Camera application for Galvanic corrosion detection with UAV

Haraszi Ferenc, Ószi Arnold

Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtudományi Mérnöki Kar, Biztonságtudományi Doktori Iskola, Budapest, Magyarország

haraszi.ferenc@bgk.uni-obuda.hu

Összefoglalás — A villamos csatlakozások egy részének működése korrózióval jár. Kontaktkorróziós folyamat veszélyt jelenthet, eltérő elektronpotenciálú fémek közötti érintkezés esetén. Ez a folyamat károsítja a csatlakozási ellenállást és a mechanikai tulajdonságokat. A vezetési paraméterek kisebbek a teljesítmény részeken, mert hőhatás alakulhat ki. Ez a hőhatás sokáig nem érzékelhető. Termokamerás kísérletek útján ez a rendellenesség időben felfedezhető. Ebben a munkában kerül bemutatásra a vizsgálati lehetőség pilóta nélküli repülőgéppel.

Kulcsszavak: kontaktkorrózió, hőkamera, áramerősség, fekete test, emisszió, pilóta nélküli repülőgép

Abstract — A part of the electric connections has a corrosion aptitude. It can find a galvanic corrosion process danger in case of the contact between different electron potential metals. This process impairs the connection resistance and mechanical properties. The conduction parameters decrease in some under power parts because the heat increasing. This heat effect can be unperceived. By the way of thermographic camera experiments can be discovered this irregularity on time. In this work present this investigation with UAV.

Keywords: galvanic corrosion, thermographic camera, current, balckbody, emission, uav.

1. BEVEZETÉS

A villamosipar legfontosabb elektromos energiaátviteli formája a nagyfeszültségű szabad légvezetékek alkalmazása. A lehető legnagyobb villamos teljesítmény és üzembiztonság kialakítása miatt megfelelően méretezett és pontosan definiált anyagszerkezetű légvezetékek és szerelvények használata indokolt. A szélsőséges környezeti hatások az anyagok minősége és különbözősége korróziós problémákat vet fel. Korróziós elváltozás hatására csökkenő teljesítmény és jelentős üzembiztonság léphet fel. Szükséges ezek időben történő feltárása a megfelelő és biztonságos működés szempontjából. A ma rendelkezésre álló vizsgálati módszerek lassúak és jelentős anyagi forrásokba kerülnek. Dolgozatomban egy új lehetőséget szeretnék bemutatni, mellyel gyorsan, olcsón és veszély helyzet kialakulása nélkül lehetséges ezen villamos szerelvények diagnosztizálása. A legjellemzőbb szabad vezeték típusok évtizedek óta kettős fémeket tartalmaznak.

Ezen sodronyok kialakítása nagy szakítószilárdságú acél magot és köré sodort alumínium vezetőt tartalmaz. A két fém különböző elektródpotenciál értéke miatt kontakt- illetve felületkorrózióra jellemző elváltozáson megy keresztül. A vezető felületen haladó nagy áramerősség és a megnövekedett átmeneti ellenállás hatására egyes keresztmetszetek az üzemi hőmérséklet feletti melegedést produkálnak. Ennek azonosítása illetve nagyságrendjének megállapítása nehéz feladat. A korszerű technológiai fejlődés eredményeként új eszközöket találhatunk a biztonságos és pontos hőmérsékletméréshez.

Egyik ilyen eszköz a hőkamera a termográfia legfontosabb mérőeszköze. A nagysorozatban történő gyártás lehetővé teszi az egyre szélesebb körben való elterjedését. Korunk ma már olcsón elérhető másik praktikus eszköze a pilóta nélküli repülőgép (UAV). A két eszköz egyidejű alkalmazásával gyorsabban, biztonságosabban és sokkal pontosabban mérhetjük fel a korrózió okozta károkat. A fent említett korróziós hatásokon kívül gondot okozhat a menetzárlat, vezeték szakadás, a berendezés túlterhelése. Probléma forrás lehet még a nem megfelelő csatlakozási mechanika, kitérés, különböző deformációk az érintkező felületeken. Termokamera használatával feltárható a hiba pontos helye. Hőtérképet készíthetünk a vizsgált berendezésről, vezeték szakaszról melyet referenciaként alkalmazhatunk a későbbi ellenőrzések alkalmával. Üzemi hőmérsékleteket ellenőrizhetünk, a termográfiai mérés segítségével, jóval a meghibásodás előtt képet kaphatunk a villamos rendszer állapotáról.

Ezeknek a méréseknek igen nagy a költség hatékonysága, hiszen egy ma már olcsónak számító mérőberendezéssel és drónnal nagymértékben lehet csökkenteni az állásidőt, katasztrófához vezető nagy anyagi veszteségekkel járó tüzeseteket lehet megelőzni.

2. VIZSGÁLATOK ELVI ALAPJAI

2.1 Hőkamera alkalmazási lehetősége

Modern korunkban nem élhetünk elektromos áram nélkül. A fém összeköttetés élettartamának meghatározása nagyon nehéz, mert a korrózió jelensége nehezen közelíthető számítással. Az elektromos érintkezésből és

vezetésből adódó káresemények nagy problémákat okozhatnak az ipari és a magánéletben is. Az elektromos eszközök élettartamának előrejelzése évszázadunk kihívása. A legegyszerűbb vizsgálatok a vizuális ellenőrzés és a hőmérsékletmérés. A hőmérsékletmérés miatt, viszont áramtalanítani kell az adott kötést, ami üzemenmaradást okoz. A hőmérsékletmérés nem egyszerű a hagyományos módszerek és mérési eljárások miatt, mert ebben a folyamatban kikapcsoljuk az áramot. Az áramellátás szüneteltetése az iparban és az otthonokban is károkat okozhat. elsősorban a túláram okozta felmelegedés miatt léphet fel.

2.2 Hőkamera mérési elve

Az infraszugárzáson alapuló hőmérséklet mérés, illetve hőkamerás mérési módszer a testek hősugárzó képességétől függ. Hőmérsékleti sugárzás az a folyamat, mely az anyag hőmozgása miatt elektromágneses hullámokat bocsát ki magából. Ennek az energiának a nagy része másik testre vetülve emittálódhat, vagy reflektálódhat, továbbá transzmittálódhat. Ha a vizsgált testre érkező sugárzást a test maradék nélkül elnyeli, akkor abszolút fekete testről beszélhetünk. Ha teljes mértékben visszaverődik, akkor abszolút tükröződő testről, ha a testen teljes mértékben áthalad, akkor átlátszó anyagról beszélhetünk. A hősugárzásnak, mint elektromágneses hullám terjedésnek közvetítőközegre nincs szüksége. A hősugárzás alaptörvénye a Stefan-Boltzmann törvény (1).

Az emissziós állandó függ a vizsgált darab anyagától, ami az ideális fekete test esetén:

$$P = e\sigma A_s T^4 \text{ [J]} \quad (1)$$

ahol

T [K]: hőmérséklet

P [J]: sugárzás teljesítménye

e [-]: emisszió,

A_s [m²]: felület nagysága

$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8}$ [J/m²K⁴]: a Stefan-Boltzmann állandó.

Amennyiben e , A_s és σ állandók az összefüggés egyszerűsíthető (2):

$$P = \sigma \cdot T^4 \text{ [J]} \quad (2)$$

Ebben az összefüggésben a fekete test sugárzása T-hőmérsékleten az egységnyi területre és az egységnyi idő alatt arányos a T⁴-nel. Ideális esetben a fekete test képes felvenni és kibocsátani az összes hőenergiát. Ez csak egy modell. Különböző anyagok különböző energiát bocsátanak ki. A mérésnél a fekete testhez hasonló anyag pontos eredményt ad. A különböző anyagok esetében javítani kell az eredményt a megfelelő emissziós tényező figyelembevételével. Az első táblázat a legfontosabb villamosiparban használt fémek értékeit mutatja (1.).

1. táblázat

fém	felület minősége	emissziós tényező
alumínium	oxidált	0,2-0,45
	oxidmentes	0,1-0,25
vas	oxidált	0,5-0,95
	oxidmentes	0,05-0,15
réz	oxidált	0,4-0,6
	oxidmentes	0,2-0,3

A mai korszerű készülékek rendelkeznek automatikus emisszió érték állítással és lehetőség van kézi kalibrálásra is. A nem megfelelően figyelembe vett emisszió akár nagyságrendi hibát is okozhat. A helyes és pontos hőmérséklet meghatározásához nagy rutin és mérési tapasztalat szükséges az ipar minden területén.

3. VILLAMOS ENERGIAIPARI RENDSZER

3.1 Távvezetékek alkotórészei

1. Nyomvonal
2. Oszlopalapozás
3. Oszlop-acélszerkezet
4. Áramvezető/fázisvezető
5. Védővezető
6. Szigetelés
7. Szigetelőlánc- és vezeték szerelvények

Az itt felsoroltak nagy részén kialakulhatnak korróziós elváltozások e tanulmány a távvezetékek legfontosabb elemével az áramvezető kérdéskörével foglalkozik. Magyarországon szigetetlen légvezetékek esetén a következő paraméterekkel rendelkező áramvezető sodronyokat alkalmazzák leggyakrabban:

1. anyagát tekintve: alumínium-acél sodrony (ACSR-Aluminium Conductor Steel Reinforced)
2. méretezett keresztmetszete: 120kV-on 250(Al)/40(Fe) mm² továbbá 220, 400, 750 kV-on 500/65 mm²
3. extrém teljesítmény esetén 680/85 mm²

Az ACSR távvezeték egy alumínium borítású közepén acél erősítésű kábel, mely igen nagy kapacitással és szakítószilárdsággal rendelkezik. A külső alumínium szálak nagy tisztaságú (99.5%) alapanyagból készülnek, jó a vezetőképességük. Rendszerbe állításuk fő okai még a fajlagosan kis súlyuk és viszonylag alacsony költségű előállításuk. A közepén elhelyezkedő horganyzott acél-szál biztosítja a megfelelő tartást a mechanikai igénybevételekhez. A fent említett tulajdonságok miatt, az ACSR kábel névleges átmérője kisebbre választható, mint a korábban használt acél vagy tiszta alumíniumból készült kábelek (1. ábra).



1. ábra ACSR kábel

3.2 Galvanikus korrózió kialakulása

A bevezetőben említett korróziós elváltozás különösen érintheti az eddig tárgyalt áramvezető típust. Két különböző elektropotenciállal rendelkező fém kontaktszomszomságot esetén elektron vándorlás indul meg az egyik fém negatívabb volta miatt. Helyi elemek képződnek, az egyik fémből anód a másikkól katód válik. Jellemezhetjük a fémek feszültségi sorban elfoglalt helye alapján. Minél negatívabb egy fém annál kevésbé nemes és annál valószínűbb az oldatba menetele. Igaz ez az elektropotenciál sor másik végére is: minél elektropozitívabb egy fém annál ellenállóbb a korrózióval szemben. Általában helytálló az a megállapítás is, miszerint minél nagyobb a két fém között a potenciál különbség, annál nagyobb a korróziósebesség. A következő táblázat (2.) a fontosabb standardpotenciál értékeket tartalmazza, amiből láthatjuk az alumínium (-1,67 e° V) és a horgany (-0,76 e° V) értékeit. A különbség jelentősnek mondható.

2. táblázat

Fémion	Standardpotenciál (e°) (V)
Li+ Li	-3,02
Al3+ Al	-1,67
Mn2+ Mn	-1,18
Zn2+ Zn	-0,762
Fe2+ Fe	-0,441
Cd2+ Cd	-0,40
Ni2+ Ni	-0,23
2H+ H2	±0,000
Cu2+ Cu	0.34
Ag+ Ag	0.8
Au3+ Au	1.42

Galvánelemek (helyi elem) elektromotoros erejét a két elektród potenciáljának különbsége adja meg [3]:

$$E^{\circ}_{\text{cella}} = E^{\circ}_{\text{katód}} - E^{\circ}_{\text{anód}} \quad (3.)$$

Mégsem támaszkodhatunk azonban egyértelműen a standardpotenciál sorozatra. A gyakorlatban számos tényező befolyásolja a valós korrózióállóságot. Az alumínium például sokkal negatívabb a vasnál, mégis a vas

fog oldódni kettőjük érintkezési kapcsolatában. Ennek oka az alumíniumon található oxidréteg, mely védi a felületet. Ohm törvénye szerint definiálhatjuk a kontakt folyamatok jellegét [4.]

$$\frac{\text{Kontaktkorrózió}}{\text{idő}} = \frac{M}{96500n} \cdot \frac{\varepsilon_K - \varepsilon_A}{R_k + R_b} \quad (4.)$$

ahol:

M: korrodálódó fém molekulaszúlya (g)

n: az oldódó fémion vegyértéke

ε_K : a nemesebb fém normálpotenciálja (V)

ε_A : a korrodálódó fém normálpotenciálja (V)

R_k : külső ellenállás (Ω)

R_b : belső ellenállás (Ω)

A külső ellenállást két fém érintkezésekor elhanyagolhatjuk. Ebben az esetben a kontaktkorrózió sebességét a két fémfelület között található elektrolitfilm réteg vezetőképessége határozza meg. Ez a vezetőképesség függ az oldat koncentrációjától, a benne lévő ionok töltésétől és a hőmérséklettől egyaránt. Esetünkben a cinkbevonattal ellátott vasmag felülete érintkezik az alumíniummal. A mérési tapasztalatok szerint sokáig ellenálló kapcsolat ez. Viszont a hőmérsékleti ingadozások, a levegő relatív páratartalma (elektrolitfilm) előbb-utóbb erodálja a két fém közötti kapcsolatot (2.ábra), annak ellenére, hogy a szorosan csévelt alumínium vezető sodrony réteg egyfajta védelmet biztosít.



2. ábra Acélszál

4. NAGYFESZÜLTSGŰ SZABADVEZETÉK VIZSGÁLATA

4.1 Vizsgálati módszerek

A szabadvezetékek vizsgálati lehetőségei meglehetősen korlátozottak. Előny az egyéb szigetelt és nem a szabadban futó vezetékekkel szemben, hogy messziről is szemügyre vehetők. A nagyobb szerkezeti és mechanikai rendellenességeket azonnal detektálni tudjuk. Hátrányt jelent azonban a nagy magasság és a nagyfeszültség leküzdése az alaposabb, pontosabb vizsgálat elvégzésére. A folyamatos működés szükségessége nem teszi lehetővé a leállításokat nagy veszteségek nélkül. A hálózat működtetői tartanak gyalogos és járművel történő bejárásokat, ami rendkívül lassú módszer. Létezik helikopteres, thermovíziós felülvizsgálat, jóval nagyobb hatékonysággal. Hátránya a vezeték kellő módon való megközelíthetlensége a korona kisülések miatt. A mai műszaki környezet azonban már lehetővé teszi a pilóta nélküli repülő egységek használatát. A technikai fejlődés és a sorozatgyártás nagyságrendje miatt ezek az eszközök egyre olcsóbbá válnak. Repülési paramétereik megengedik termokamera felszerelését és működtetését, akár nagy felbontású hőtérképek készítésére is. Használatuk a fent

említett eljárásokhoz képest nagyságrendekkel olcsóbb, pontosabb és gyorsabb elemzést, hibafeltárást tesz lehetővé. Hátrányaik közé sorolható a nem minden időjárási körülmények közötti használhatóságuk. Erős szélben egyáltalán nem, csapadékos viszonyok között mérsékeltén használható.

4.2 UAV bemutatása, mérési eljárás specifikumai

Vizsgálatunk célja egy 220 kV névleges vonali feszültségű távvezeték próba ellenőrzése egy erre a célra kialakított drónnal (3. ábra).



3. ábra Drón

A feladat elvégzésére a következő paraméterekkel rendelkező pilóta nélküli repülőgépet találtuk alkalmasnak (3. táblázat).

3. táblázat Alkalmas UAV paraméterek

Vespadrones Xyris 7
Teljesítmény: 6 x 700W , össz: 4.200 W
Lebegéshez szükséges: 1100 W
Propeller méret: 17"
Vízszintes max sebesség: 14 m/s (50 km/h)
Max emelkedési sebesség: 6 m/s
Környezet: -5°C to +40°C
Szél max 8 m/s
Csapadék mentes környezet
Max magasság: 2.500m
Akku: Li-Po, 6-Cella, 16.000 mAh
Jelenlegi felszálló tömeg: 7 300g
Akku: 1900g
Max felszálló tömeg: 9 500g
Max szállított tömeg: 3 000g
Radio – Range: 1000m
FPV – Range: 500m

3. táblázat

Az UAV rendelkezik egy – a piacon kapható - közepes teljesítményű hőkamerával, ami az ellenőrzési feladatokat ellátja, viszont precízebb mérést nem tesz lehetővé.

Tapasztalataink szerint a drón hőkamerájának a villamos berendezések vizsgálatára az alábbi főbb paraméterekkel kell rendelkeznie:

1. hullámhossz tartomány: min. 8-12 μm
2. képpontok száma: 160x120
3. geometriai felbontás: min. 2 mrad
4. kalibrálási tartomány: -20 – 250 °C
5. hőmérséklet felbontás: min. 120 mK – 80 mK
6. technológia: bolométer

A gyakorlatban kivitelezett mérés nehézségét az adja, hogy a szabadban lévő légvezeték hűtése biztosított, nagy szélesség esetén pedig tovább hül, ami pontatlan mérési eredménnyel járhat. Figyelembe kell venni az adott évszak hőmérsékleti viszonyait, a napsugárzás intenzitását, a levegő páratartamát a megfelelő értékek kialakításához. Érdekes még próbamérést végezni meghatározott fizikai jellemzőkkel bíró zárt helyiségben a megfelelő emissziós érték beállításához (alumínium: 0,1 – 0,45).

4.3 Nagyfeszültségű távvezeték ellenőrzése

Vizsgálatunkat egy Csepel szigeti 220 kV névleges feszültségű szakaszon kezdtük meg. A környezet körülményei ideálisak voltak a pilóta nélküli repülőgép reptetéséhez.

- Hőmérséklet: -3, 0 °C
- Légnyomás: 1027 hPa
- Szélesség: 1-2 m/s
- Napsugárzás: 1800 Wh/m²
- Időjárás: enyhén borult
- Relatív páratartalom: 65%

A próbarepülés kétszer fél órán keresztül zajlott. Az UAV sebessége átlagosan 10 km/h volt és maximális eltávolodása 500 m. A vizsgált nagyfeszültségű ACSR kábel a mérési adatok szerint átlagosan tizenhét méter magasságban helyezkedett el.

Felmerül a kérdés biztonságtechnikai szempontból, miszerint a drón mennyire közelítheti meg a nagyfeszültségű szabad vezetékét. A fényképen jól kivehető (3. ábra) a nem egységes homogén felépítés. Ez potenciális átütési feszültséget generálhat a légvezeték sodronya és a repülő jármű kiálló részei között (kamera, antennák, propeller a tartó karokkal). Erre irányuló konkrét mérések vagy szimuláció elvégzése nélkül nagy óvatossággal zajlott a vezeték vizsgálata, hiszen a levegő átütési szilárdsága körülbelül 19 kV/cm. Tehát a 220 kV-os vezeték től minimum 11 cm, de biztonsági tényezővel számolva inkább 20-22 cm-es távolságot kellett tartani, tekintettel a környezeti tényezőkre (nagy páratartalom).

Az elektromágneses hullám intenzitása a távolság függvényében $I = 1/R^2$ összefüggés szerint alakul, tehát kétszer távolabb kerülve a vezeték től negyed, háromszoros távolságot tartva már kilenced akkora intenzitás mérhető, ami lehetővé teszi a korona kisülés nélküli mérést. Indokolt továbbá a megfelelő mérési távolság tartása az energia szállító rendszer védelmi üzemmódba kapcsolása miatt is, mert ez áram kimaradást okoz.

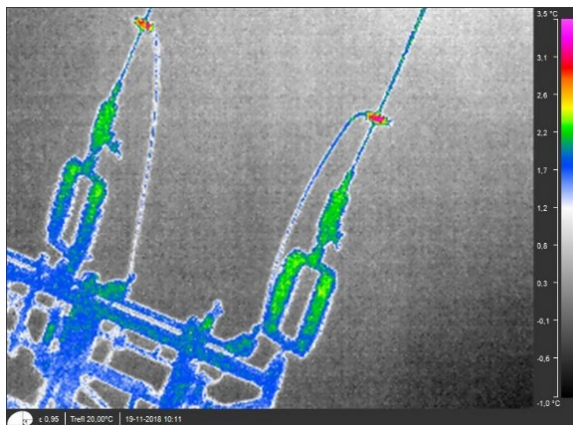
4.4 Az ellenőrző mérés kiértékelése

A próbarepülés során a következő felvételek készültek:



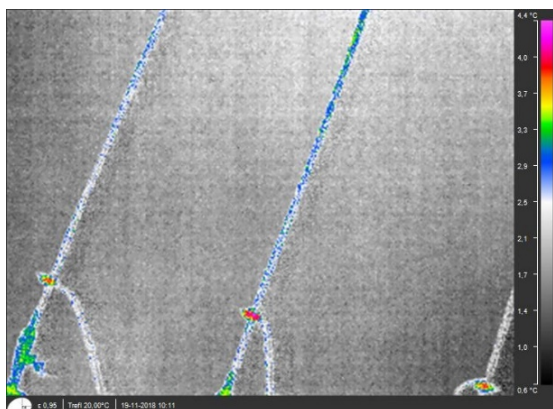
4. ábra Nagyfeszültségű transzformátor ház felvétele

Nagyfeszültségű transzformátor ház (4. ábra). A képen jól látszik az üzemi hőmérséklet eloszlása. Maximális hőmérséklet a burkolat felületén 7,7 °C. Rendellenes működés nem tapasztalható.



5. ábra Rögzítő szem a sodronyon és a nagyfeszültségű ACSR kábel

Rögzítő szem a sodronyon és a nagyfeszültségű ACSR kábel (5. ábra). A többi szerkezeti elemhez képest kis mértékben emelkedett a szem hőmérséklete (5,4 °C). A mérés nehézségét a különböző alkatrészek különböző emissziós tényezője adja. Sodrony hőmérséklete a nyári, üzemi 50-60°C helyett a hideg és az enyhe szélebségnek köszönhetően 1,7 °C. Rendellenes működés nem tapasztalható.



6. ábra Rögzítőszem és a kábel közelebbi képen

Rögzítőszem és a kábel közelebbi képen (6. ábra). A távolság csökkentésével pontosabb adatokat kaphatunk. Az alkalmazott kamera típusával kézi fókuszálás nem lehetséges, a felbontás is a minimum diagnosztikát teszi lehetővé.

Összegzés

A kísérleti próbaüzem eredményeként kimondható, hogy a hipotézis, miszerint magas feszültségű légvezetékek vizsgálata kontaktkorróziós szempontból kivitelezhető hőkamerás UAV-al, bizonyítást nyert. Létezik a piacon megfelelő műszaki paraméterekkel rendelkező pilóta nélküli repülőgép, amely alkalmas erre a feladatra. Ami fejlesztési feladatot igényel, az a nagyobb képfelbontással és szolgáltatási körrel rendelkező termokamera, a pontosabb detektálás érdekében.

A tesztüzem alatt következtetéseket vonhattunk le a sodrony és a szerelvények korróziós és mechanikai állapotáról. Az új vizsgálati módszer alkalmas a hiba, elváltozás korai felismerésére. Nagyságrendekkel olcsóbb és gyorsabb az eddig megismert módokatnál.

Lehetőség nyílik a műszaki állapot file-ban történő rögzítésére, és ennek a későbbi időpontban való összehasonlítására. A gyártók (UAV), ha felismerik a piacon rejlő lehetőségeket, talán feladat orientáltan fejlesztik majd az energetikai rendszerek vizsgálatára specializálódott drónokat, légvezeték vizsgálatára alkalmas termokamerával. Fontos szakmai munkát igényel ennek a mérési eljárásnak a jövőben, munkavédelmi és biztonságtechnikai kutatása, mert kezünkbe kaphatunk egy gyors, olcsó, hatékony és biztonságos vizsgálati módszert.

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] F. Haraszti: The bases of corrosion's investigation EME kiadó, Kolozsvár, 2016, 185-188.
- [2] F. Haraszti: Corrosion investigation of steel samples EME kiadó, Kolozsvár, 2016, 189-192.
- [3] T. Kovács-C.; B. Völgyi; I. Sikari-Nágl; Galvanic corrosion behaviour testing in case of aluminum and steel couple EME kiadó, Kolozsvár, 2013, 201-204.
- [4] M. Wellons: The Stefan-Boltzmann Law, Physics Department, The College of Wooster, Wooster, Ohio 44691, USA (Dated: May 9, 2007)
- [5] C. Kittel, H. Kroemer, Thermal Physics (W. H. Freeman and Company, 1980) ASTM Standard Practice in A 262 for Detecting Susceptibility to Intergranular Corrosion in Austenitic Stainless Steels
- [6] www.termokamera.hu
- [7] WWW.globalfocus.hu

Könyöksajtolt réz átalakulási kinetikájának vizsgálata

Recrystallization transformation kinetics of ECAP processed copper

Fejes Gergő Richárd, Gonda Viktor

Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar
1081 Budapest, Népszínház utca 8.

fejesgergorichard@gmail.com, gonda.viktor@bgk.uni-obuda.hu

Összefoglalás — Könyöksajtólással nagy mértékű alakváltozás vihető a fémes anyagokba, ezáltal jelentősen javítva azok szilárdsági tulajdonságait. A jelentős képlékeny alakítás hatására az újrakristályosodási hőmérséklet alacsony, tiszta fémek esetében az átalakulás akár szobahőmérsékleten is megkezdődhet. A könyöksajtolt anyagok termikus viselkedése kaloriméteres mérésekkel vizsgálható, pl. differenciális pásztázó kaloriméterrel (DSC). Az újrakristályosodás kinetikájának jellemzésére az egyik leggyakrabban használt modell az Avrami egyenlet. Ez a modell alkalmazható állandó hőmérsékleten végbemenő átalakulások jellemzésére, azonban kiterjeszthető lineáris hevítés esetére is. Egy korábbi tanulmányban megvizsgáltuk a DSC mérési adatok feldolgozását. Kifejlesztésre került egy MATLAB rutin, ami bővíthető oly módon, hogy képes legyen kinyerni az újrakristályosodás kinetikáját a DSC mérések adataiból.

Jelen tanulmányban szobahőmérsékleten könyöksajtolt réz próbatestek átalakulási kinetikafüggvényét vizsgáljuk. A próbatestek egyszerű könyöksajtóláson estek át 110°-os csatornaszögű szerszámban. A könyöksajtolt munkadarabokat DSC mérésnek vetettük alá és kinyertük az átalakulási kinetikára vonatkozó adatokat. Bemutatásra kerülnek a Kolmogorov-Johnson-Mehl-Avrami egyenlet illesztésének eredményei és a paraméterek meghatározása.

Kulcsszavak: könyöksajtolás, újrakristályosodás, kinetika, réz, DSC

Abstract — By equal channel angular pressing (ECAP), large deformation can be applied to the metallic materials, hence large strengthening can be achieved. Due to the severe plastic deformation, the recrystallization temperature is low, therefore especially for pure metals, the transformation might be initiated at room temperature. The thermal behavior during recrystallization of the ECAP processed materials can be examined by calorimetric measurements, eg. differential scanning calorimetry (DSC). Avrami's model is one of the most commonly used models for describing the recrystallization kinetics. This model can be used to describe isothermal transformations, and can further be extended for linear and arbitrary heating. In a former study, the processing of DSC measurement data were examined. A MATLAB routine was developed which can be updated in a way that it will be able to extract the data of the

transformation kinetics for recrystallization from the DSC measurements.

In this study, the transformation kinetics equation was analyzed for copper samples processed by ECAP at room temperature. The angle of the extrusion channel was 110° and the samples were pressed once. We executed DSC measurements on the processed samples and gathered the transformation kinetics data. Results are shown for the fitting of the Kolmogorov-Johnson-Mehl-Avrami equation and the determination of its parameters.

Keywords: ECAP, recrystallization, kinetics, copper, DSC

1 BEVEZETÉS

Könyöksajtólással nagymértékű alakváltozás hozható létre, melynek következménye a jelentős mértékű szilárdságnövekedés. Ugyanakkor az intenzív képlékeny alakítás hatására az újrakristályosodási hőmérséklet lecsökken, nagy tisztaságú fémekben a tárolt energia hatására az átalakulás akár szobahőmérsékleten is megkezdődik. A könyöksajtolt anyag termikus viselkedése, újrakristályosodása több módszerrel, (pl. keménységméréssel, kaloriméteres vizsgálattal vagy éppen a vezetőképesség mérésével) vizsgálható. Az újrakristályosodás kinetikájának leírására az egyik leggyakrabban alkalmazott modell az Avrami-egyenlet. Ez a modell használható állandó hőmérsékleten végbemenő átalakulások jellemzésére, valamint kiterjeszthető változó hőmérsékletű hőkezelésre is.

Egy korábbi dolgozatban bemutattuk a DSC mérések adatsorainak kiértékelési módjait [1]. Készült egy MATLAB-ban írt saját kiértékelő rutin, amely kiegészíthető oly módon, hogy az átalakulás kinetikáját kinyerhessük a DSC mérések során kapott adatsorból.

Jelen munka során egyszerűen könyöksajtolt réz próbatestek átalakulási kinetikafüggvényét vizsgáltuk. A könyöksajtólást szobahőmérsékleten végeztük el 110°-os csatornaszögű szerszámban. A könyöksajtolt próbatesteken DSC méréseket végeztünk, amelyből többek közt meghatároztuk az átalakult hányad görbéket a hőmérséklet (ill. idő) függvényében. Az így kapott adatsorokra pedig elvégeztük a Kolmogorov-Johnson-Mehl-Avrami egyenlet illesztését, ezáltal meghatározva a modell paramétereit.

A célkitűzések ismertetése után röviden bemutatásra kerül az újrakristályosodás anyagszerkezeti háttere, valamint az újrakristályosodás kinetikáját leíró modellek izotermás esetre, illetve lineáris hevítés esetére. Ezután bemutatásra kerülnek az elvégzett alakítási, könyöksajtolási kísérletek, majd az újrakristályosító hőkezelés a DSC berendezésben. Az alakítást minden esetben két próbatesten végeztük el, melyekből négy-négy mintát vettünk ki a hőkezeléshez a különböző hevítési sebességekhez; ezekből a felvett adatsorok ellenőrzését követően összesen 8 sikeres átalakulási hányad görbét határoztunk meg. Ezekre a görbékre elvégeztük az Avrami egyenlet nem-lineáris függvényillesztését, ezáltal meghatározva annak paramétereit.

2 CÉLKITŰZÉSEK

A munkánk célja a szobahőmérsékleten egyszer könyöksajtoló réz próbatestek termikus viselkedésének feltárása, a könyöksajtolás újrakristályosodására gyakorolt hatásának, az újrakristályosodás kinetikájának meghatározása. Ehhez a következő feladatokat határoztuk meg:

1. Lágyított állapotú elektrolitréz egyszeri könyöksajtolása 110°-os szerszámban szobahőmérsékleten.
2. A könyöksajtoló darabokból céltudatosan kimunkált próbatesteken kaloriméteres mérések elvégzése 5, 10, 20 és 50°C/min állandó hevítési sebesség mellett az újrakristályosodási hőmérséklet fölé fűtve valamennyi próbatestre.
3. A kiértékelt mérési adatokból az újrakristályosodási csúcshőmérséklet, a tárolt energiák, valamint az átalakulást megindító aktivációs energiák meghatározása Kissinger-módszerrel.
4. A korábban készített, saját MATLAB kiértékelő rutin kiegészítése oly módon, hogy az átalakulás kinetikáját is vizsgálni tudjuk a mért adatsorokkal.
5. Az újrakristályosodott térfogathányad idő- és hőmérsékletfüggését leíró Avrami-egyenlet paramétereinek meghatározása függvényillesztéssel valamennyi rendelkezésre álló adatsorra.
6. Az illesztéssel kapott adatok elemzése, kiértékelése.

3 AZ ÚJRAKRISTÁLYOSODÁS KINETIKÁJA

3.1 Az újrakristályosodás mechanizmusa

A polikristályos fémekben az alakítás hatására a két dimenziós kristályhibák (diszlokációk) száma megnő, ún. diszlokációsűrűség növekedés jön létre [2]. Bizonyos mennyiségű energia eltárolódik ezekben a kristályhibákban [3]. Felmerül a kérdés, hogy miért képesek a fémek ebben az állapotukban megmaradni, és hogy az egyensúlyra törekvés miért nem téríti vissza azokat a kisebb energiájú, lágy állapotba. Ezen kérdés megválaszolásához számításba kell vennünk az atomok kölcsönös helyzete és energiája közti összefüggést. Valamennyi fémkristály atomjainak, akkor a legkisebb az energiája, ha pontosan a rácsszerkezet által megkívánt távolságra vannak egymástól. Ha az atomok távolsága ettől eltérő, azaz pl. kristályhibát tartalmaz egy kristallit, akkor energiatöbbletről beszélhetünk. Az atomok energiája akkor a legnagyobb, ha ez a távolság, a rácsszerkezet által előírt távolságnak a töredéke. Ha egy kristályrácsba tartozó atom a helyét megváltoztatja, akkor át kell jutnia a legnagyobb energiájú

„energiahegyen”, amit energiaközléssel (hevítéssel) segíthetünk elő. Azt az energiameennyiséget, amely a kristályok rácsában az atomok, illetve kristályhibák helyváltoztatásának, helycseréjének és általában azok vándorlásának (diffundálásának) megindításához szükségesek, aktiválási energiának nevezzük.

Alakított fémekben az ilyen folyamatok legalább mintegy 0,4 homológ hőmérsékleten mennek végbe számottevő sebességgel. Ez azt jelenti, hogy a keményedés következményei csak a kb. 400°C-nál alacsonyabb olvadáspontú fémekben tűnhetnek el szobahőmérsékleten. Az ennél magasabb olvadáspontúak esetében, már csupán izzítással idézhetjük elő a diffúziós jelenségeket.

Amint a hőmérséklet eléri azt a határt, amelyen túl már az atomok helyváltoztatása lehetséges lesz, sorban a következő jelenségek játszódnak le az alakított fémekben [4]:

1. megújulás,
2. poligonizálódás és szubkristályok képződése,
3. újrakristályosodás,
4. szemcsedurulás (esetleg szekunder újrakristályosodás).

Hevítés hatására a korábbi alakítás során keletkezett üres rácshelyek túlnyomó része megsemmisül, számuk lecsökken. A diszlokációk így már mozgásképesek lesznek, az ellentétes előjelűek (Burgers-vektor) kioltják egymást, ezáltal számuk szintén csökken [5]. Az azonos előjelű diszlokációk sorokba rendeződnek, így a szemcsén belül szubhatárokat hoznak létre. Ezen folyamatok azt eredményezik, hogy kis mértékben csökken a szilárdság, és javul az alakváltozóképeség, vezetőképesség, de az alakítás előtti egyensúlyi állapotot még nem éri el az anyag.

Az izzítás hőmérsékletének emelésével a szubszemcsékből új szemcsék fejlődnek. Az új kristálycsírák addig növekednek, míg a szomszédos kristályok egymással nem érintkeznek. Ezen folyamat során teljesen új kristallitok keletkeznek [6]. Az újrakristályosodás és a vele járó mechanikai lágyulás a maradó alakváltozás következményeit a deformált fémekben teljesen megsemmisíti, ezáltal az alakítás előtti, egyensúlyi állapotot eredményezve.

Ha a fémeket az újrakristályosodás befejeztével továbbra is hűn tartjuk, vagy tovább hevítjük, szekunder újrakristályosodás következhet be, melynek során az új szemcsék magukba olvasztják szomszédjaikat, ezáltal szemcsedurulást eredményezve.

3.2 Az Avrami-egyenlet

A fázisátalakulások az anyagtudomány egyik legfontosabb témái közé tartoznak. A folyékony halmazállapotú anyagok megszilárdulása és a szilárd halmazállapotú anyagok átalakulása általában csírák képződésével és azok növekedésével jár. Az újrakristályosodás kinetikájának leírására az egyik leggyakrabban alkalmazott modell az Avrami-egyenlet. Ez a modell használható állandó hőmérsékleten végbemenő átalakulások jellemzésére, valamint kiterjeszhető lineáris hevítésre is. Az alapegyenletet ismerhetjük még Kolmogorov-Johnson-Mehl-Avrami (KJMA) egyenletként is [7–9]. Ezt az egyenletet Melvin Avrami publikálta 1939 és 1941 között a *Journal of Chemical Physics* folyóiratban.

A KJMA modell állandó hőmérsékleti körülmények között megoldható, ha azt feltételezzük, hogy a

csíráképződési és növekedési sebességek az időtől függenek:

$$\alpha = 1 - \exp[-(kt)^{m+1}] \quad (1)$$

ahol α az átalakult hányad, k az általános sebességállandó, amely a hőmérséklettől függ, $m + 1$ az Avrami kitevő és t az idő. Az (1) egyenlet nem más, mint a Kolmogorov-Johnson-Mehl-Avrami összefüggés. Az (1) egyenlet deriválása a közismert JMA sebesség egyenlethez vezet:

$$\frac{d\alpha}{dt} = (m + 1)k(1 - \alpha)[- \ln(1 - \alpha)]^{\frac{m}{m+1}} \quad (2)$$

Habár ez az egyenlet az állandó hőmérsékleten végbemenő átalakulások jellemzésének megoldásából – vö. (1) egyenlet – származik, alapjául szolgál a változó hőmérsékletű kísérletek elemzéséhez is. Ennek az az oka, hogy az átalakulás sebessége látszólag csak a hőmérséklet és az átalakult hányad függvénye. Több szerző is kiemelte, hogy a KJMA sebességegyenlet helyességétől függetlenül, számos analitikai megoldás alapjául szolgált. A széles körben elterjedt Kissinger-módszer bármely KJMA sebességegyenlet által leírt átalakulás esetén alkalmazható [10]. Az a tapasztalat, hogy más, pontos módszerekkel összevetve, nagyon közeli eredményeket kaphatunk a KJMA sebességegyenlet használatkor. Az általam bemutatott megoldással tehát jó közelítésű megoldást kaphatunk az egyenlethez.

3.3 Izotermikus eseteket leíró KJMA sebesség egyenlet

Avrami a következő összefüggést írta fel azon átalakulások jellemzésére, amelyek csíráképződéssel és növekedéssel járnak, feltételezve, hogy az új fázis csírái a térben véletlenszerűen helyezkednek el:

$$\alpha = 1 - \exp[-\alpha_{ex}] \quad (3)$$

ahol α_{ex} a kiterjesztett átalakult hányad, vagyis az az átalakult hányad, amely akkor lesz jelen, ha a csírák fedésben vannak egymással kölcsönös beavatkozás nélkül.

$$\alpha_{ex}(t) = \int_0^t N(\tau)v(\tau, t)d\tau \quad (4)$$

ahol N a csíráképződési sebessége és $v(\tau, t)$ a τ időpontban keletkezett csíra által t időpontot elérve átalakult hányad térfogata, mely az alábbi alakban írható fel:

$$v(\tau, t) = \sigma \left(\int_{\tau}^t G(z)dz \right)^m \quad (5)$$

ahol σ egy alaktényező, G a növekedés sebessége és m a növekedés mechanizmusától függ (háromdimenziós növekedés esetén $m = 3$).

A (3-5) egyenletek alapján felírható a KJMA összefüggés általános sebességállandója:

$$k = \left(\frac{\sigma N G^m}{m+1} \right)^{\frac{1}{m+1}} \quad (6)$$

A legtöbb gyakorlati esetben feltételezhető N és G Arrhenius-i sebességfüggése [11–12]

$$N = N_0 \exp\left(\frac{-E_N}{K_B T}\right) \text{ és } G = G_0 \exp\left(\frac{-E_G}{K_B T}\right) \quad (7)$$

ahol E_N és E_G rendre a csíráképződés és a növekedés aktivációs energiái, K_B pedig a Boltzmann-állandó. A (7) egyenlet (6)-ba való beillesztésével a következő összefüggést kapjuk [13]:

$$k_0 = \left(\frac{\sigma N_0 G_0^m}{m+1} \right)^{\frac{1}{m+1}} \exp\left(-\frac{E}{K_B T}\right) = k_0 \exp\left(-\frac{E}{K_B T}\right) \quad (8)$$

ahol E az összesített aktivációs energia:

$$E = \frac{E_N + m E_G}{m+1} \quad (9)$$

3.4 A KJMA egyenlet megoldása nem izotermikus esetben

Ugyan a nem izotermikus kísérletek bármely tetszőleges hőmérséklettörténetet felhasználhatnak, a termikus elemzések céljából végzett kísérletek nagy többsége – az általam végzett méréseket is beleértve – állandó hevítési sebességen megy végbe.

Esetünkben általános esetről beszélhetünk, amely azt jelenti, hogy a csíráképződés és a csírák növekedéséhez szükséges aktivációs energia nem egyenlő nagyságú. Ebben az esetben az átalakult hányadot leíró egyenlet a következőképp alakul:

$$\alpha = 1 - \exp\left\{-\left[k_0 C \frac{E}{\beta K_B} p\left(\frac{E}{K_B T}\right)\right]^{m+1}\right\} \quad (10)$$

ahol C egy konstans, amely az m , E_N és E_G függvénye. A KJMA egyenlet megoldásának lépéseit J. Farjas tanulmányában kifejtve végig követhetjük [10]. Ebben az egyenletben a $p(x)$ függvény gyakran alkalmazott közelítő alakja:

$$p(x) = \frac{\exp(-x)}{x^2} \quad (11)$$

Az általam végzett illesztések során a (10) egyenlet egy egyszerűsített alakját használtam (11) kibontásával. Az illesztőfüggvény a következő:

$$\alpha = 1 - \exp\left(-\left[\frac{c \exp\left(\frac{-E}{K_B T}\right)}{\beta \left(\frac{E}{K_B T}\right)^2}\right]^n\right) \quad (12)$$

ahol:

α : az átalakult hányad

c : konstans

β : hevítési sebesség (°C/s)

E : aktivációs energia (eV)

T : hőmérséklet (K)

$n = m + 1$

K_B : Boltzmann-állandó ($K_B = 8,61733 \times 10^{-5}$ eV/K)

Az illesztés során a (12) egyenlet ismeretlen paramétereit (c , E , n) szeretnénk meghatározni könyöksajtolt réz próbatestek újrakristályosodási kinetikájának a jellemzéséhez.

4 ELVÉGZETT KÍSÉRLETEK

4.1 Könyöksajtolás

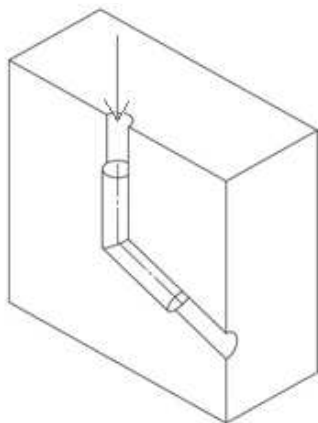
Intenzív képlékeny alakítással olyan mértékben deformálhatjuk az anyagot, amelynek eredményeként a diszlokációs falak nagyszögű szemcsehatárokká alakulnak. Ezekkel a módszerekkel nem merítjük ki az anyag képlékeny tartalékait, ugyanis közel hidrosztatikus nyomó feszültségállapot jön létre, amelynek következtében rendkívül nagy alakváltozás jöhet létre az anyag károsodása nélkül. Ezen eljárások rövidítése az SPD (Severe Plastic Deformation). Számos SPD eljárás közül a könyöksajtolás az egyik legnépszerűbb megoldás ultrafinom szemcséjű tömbi anyagok létrehozására. Könyöksajtolás során a munkadarab keresztirányú mérete nem változik meg, azonban a feszültségek és az alakváltozás eloszlása közel egyenletes a test teljes térfogatában. Ezért a könyöksajtolás nem igazán mondható félterméket késztermékké alakító eljárásnak, sokkal inkább anyagtulajdonságot módosító művelet. Vázlatát az 1. ábrán láthatjuk.

Az ábrán látható, hogy a munkadarabot két, egymással szöglet (esetünkben 110° -ot) bezáró csatornán sajtoljuk keresztül. Ezek keresztmetszete állandó. A darabot egy alakítóbélyeg segítségével sajtoljuk át a matricán. A két csatorna találkozásánál alakul ki a deformációs zóna, a fő nyírási sík közelében, amelyet a 2. ábrán látható végeleemes modell képe is szemléltet. Ebben a síkban az alakváltozás tisztán nyíró jellegű.

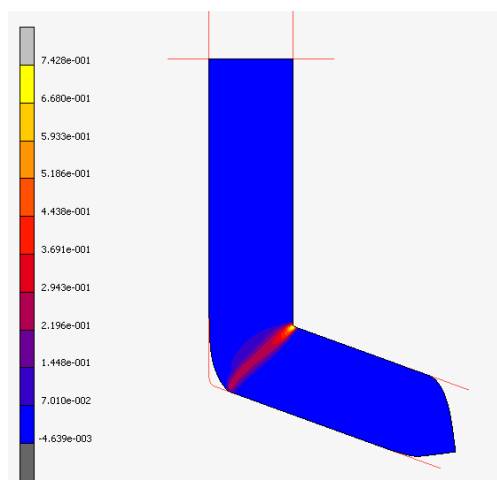
Az alakváltozás mértékét és a kialakult szemcse szerkezetet a folyamat technológiai paramétereivel befolyásolhatjuk (súrlódás, alakítás sebessége, alakítási hőmérséklet, könyökszög, csatornaszög, átsajtolások útvonalai és száma).

Ehhez a kereskedelmi forgalomban kapható tisztaságú elektrolit réz rúdból 10 mm átmérőjű 60 mm hosszú próbatesteket forgácsoltunk ki, majd ezeket 1 órán át 450°C -on lágyítottuk. A könyöksajtolást szobahőmérsékleten végeztük el két próbatest egyszeri átsajtolása mellett.

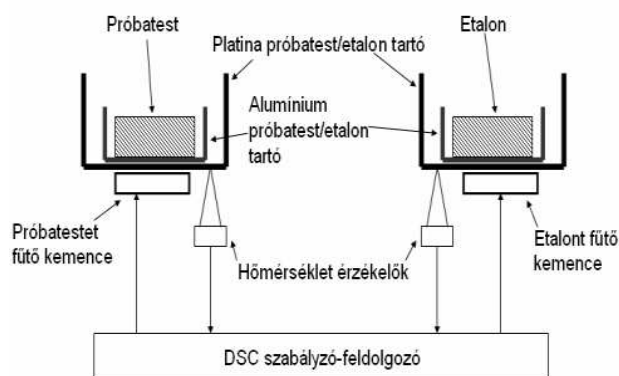
Az általunk használt könyöksajtoló szerszám hengeres csatornája 110° -os csatornaszöggel rendelkezik. A folyamat közben fellépő súrlódás csökkentésére Molykote nevű -30°C – 1100°C hőmérséklettartományban alkalmazható kenőpasztát alkalmaztunk. Az alkalmazott előtolási sebesség 8 mm/perc volt. Az alakítási kísérletek után minden alakított darabból legalább négy $\varnothing 5,9 \times 2,5$ mm vagy $\varnothing 5,9 \times 1$ mm méretű érme alakú próbatest készült a DSC mérésekhez.



1. ábra: Könyöksajtolás elvi vázlata 110° -os éles csatornával



2. ábra: Végeleemes modell az alakváltozási sebesség eloszlásának szemléltetésére [3]



3. ábra: Teljesítménykompenzációs DSC készülék elvi felépítése [14]

4.2 Termikus vizsgálat

A könyöksajtolással bevitt energia egy része tárolódik az anyagban és a benne lezajló termikus folyamatok (például az újrakristályosodás) hajtóerejévé válik. Ezen tárolt energia meghatározására alkalmas a DSC (Differential Scanning Calorimetry = Differenciális Pásztázó Kaloriméter) mérés.

A vizsgálat során az újrakristályosodási folyamat alatt hőként felszabaduló tárolt energia, a csúshőmérséklet, valamint az aktivációs energia is meghatározható. Ezen kísérlettel akár egyetlen minta segítségével követhető a teljes fémtani folyamat. Az általunk használt DSC berendezés egy Perkin-Elmer DSC-8000 típusú teljesítménykompenzációs készülék, melynek felépítése a 3. ábrán látható.

A mérési elv lényege, hogy a tartókba helyezett próbatestet és az etalont egy kétkamrás fűtőkemencével igen pontos szabályzás mellett hevítjük úgy, hogy azoknak a hőmérséklete közel azonos legyen és az idő függvényében lineárisan változzon. Az etalon anyagát ajánlatos termikusan semlegesnek választani, hogy hevítés közben ne játszódjon le benne semmiféle hőkapacitását változtató exo- vagy endoterm folyamat és a védőgázzal se lépjen reakcióba. Az etalon termikus tulajdonságainak nem szabad hirtelen megváltozniuk az idő függvényében. A tömegeket úgy érdemes megválasztani, hogy az etalon és a

próbatest hőkapacitása közel azonos legyen. A mérés során tehát pontosan akkora teljesítménnyel fűtjük a testeket, hogy azok hőmérséklete lineárisan változzon. Ha a próbatestünkben valamilyen hőelnyeléssel vagy hőtermeléssel járó folyamat zajlik le, akkor a lineáris fűtéshez szükséges teljesítmény megváltozik. A mérési eredmények végül a próbatest és az etalon fűtéséhez szükséges teljesítménykülönbség az idő, valamint a hőmérséklet függvényében [14].

A kísérleteket elvégeztük a könyöksajtolt próbatestbőkből kimunkált darabokon. A mérések során négyféle hevítési sebességet alkalmaztunk, ezek: 5, 10, 20 és 50°C/perc voltak. Minden mintát először szobahőmérsékletről 400°C-ig hevítettünk fel, az alacsonyabb hevítési sebességeknél a korábbi eredményekre alapozva már csak 350°C-ig végeztünk mérést. A rögzítő programot úgy állítottuk be, hogy minden méréshez kb. tízezer mérési pont tartozzék. A készülék minden minta méréséről a 4. ábrán láthatókhöz hasonló adatsort rögzített számunkra, amelyet több módon is feldolgoztunk.

Az adatsorok ábrázolása úgy célszerű, ha a hőáramot ábrázoljuk a hőmérséklet, vagy az idő függvényében.

Megfigyelhetjük, hogy a függőleges tengely fentről lefelé növekszik, tehát a csúcsok helyén hevítéshez szükséges teljesítményben csökkenés mutatkozott, amely valamilyen felszabaduló energiára utal. Ez az általunk keresett újrakristályosodás során felszabaduló, képlékeny alakítással a fémbe vitt tárolt energia.

5 AZ AVRAMI EGYENLET PARAMÉTEREINEK MEGHATÁROZÁSA

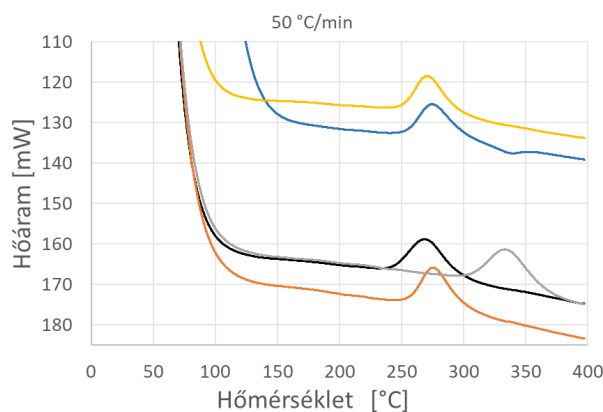
5.1 Az átalakulási kinetika meghatározása

A korábban készített MATLAB rutin kiegészítésével sikerült elérni, hogy a DSC mérések adataiból olyan adatsort generáljon a program, amelynek segítségével lehetőségünk nyílik az átalakulás kinetikájának elemzésére.

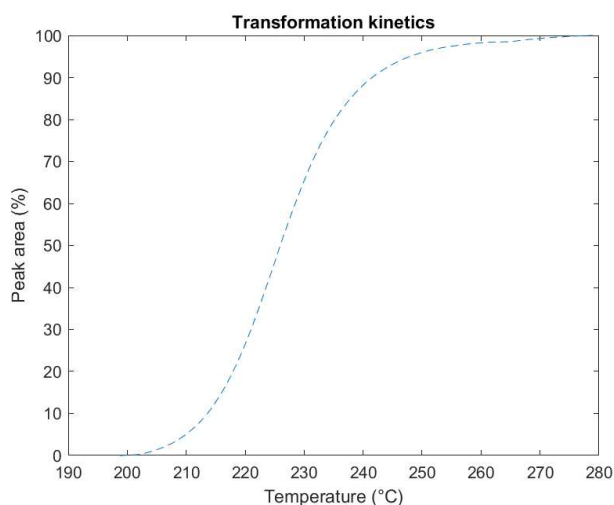
A rutin részletes működése és annak forráskódja ismertetésre került egy korábbi dolgozatban [1]. A program korábbi verziójába ellenőrzési okokból már bekerült egy olyan funkció, amely az átalakulás kinetikáját ábrázolja. Az 5. ábrán láthatjuk a program által generált diagramot, amely a hőmérséklet (idő) függvényében az átalakult hányad (vagyis az exoterm görbe alatti területének hányada) alakulását mutatja. Itt is, mint minden termoanalitikával foglalkozó kinetikai elemzés során feltételeztük, hogy a hőfelszabadulás mértéke lineáris kapcsolatban van az átalakult hányaddal, továbbá azt, hogy a DSC mérések során a teljes átalakulást érzékelhető volt [15-17].

A rutin kiegészítése során az volt a feladat, hogy az ábrán látható adatsort feldolgozható, numerikus formában is le tudjuk generálni a lehető leghatékonyabb, leggyorsabb módon. Ehhez a kinetikát ábrázoló script fájl került kiegészítésre oly módon, hogy szöveges fájlba, tabulátoros tagolással exportálja az adatpontokat.

Ezáltal elértük, hogy a kiértékelő rutin alkalmas hozzáadott felhasználói interakció nélkül olyan adatsort generálni, amelynek segítségével megvizsgálhatjuk az átalakulás kinetikáját függvényillesztéssel is.



4. ábra: DSC készülék által rögzített adatsorok



5. ábra: MATLAB rutin által generált átalakulási kinetikát ábrázoló diagram

5.2 A függvényillesztés megvalósítása

Az Avrami egyenlet illesztésének elvégzésére az Origin nevű programot választottam, amely alkalmas robusztus nem-lineáris függvényillesztés elvégzésére [18].

Az elemzés során az egyes minták paramétereinek meghatározása a cél. Ez 2 sajtolt minta és az azokhoz tartozó 8 db mérési adatsor kezelését tette átláthatóvá és egyszerűvé. Az adatok beillesztése egyszerűen elvégezhető a MATLAB rutin által generált adatsorok bemásolásával.

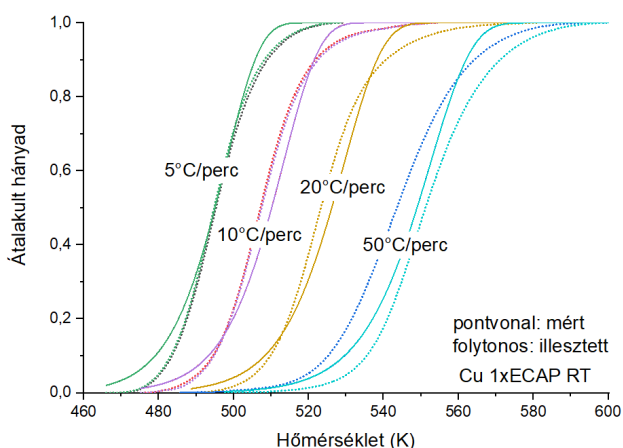
Miután beillesztettük az adatokat, megadhatjuk, hogy mely értékek tartoznak az X és melyek az Y tengelyhez. Így egy diagramon belül több adatsort is könnyedén kezelhetünk a későbbiek során.

Miután ábrázoltuk az illeszteni kívánt adatsorokat, létre kell hoznunk a programon belül egy saját illesztőfüggvényt. Ehhez a programon belül a *Fitting Function Organizer* modul kell meghívunk (*Tools/Fitting Function Organizer* vagy F9 billentyű megnyomásával). A modulon belül lehetőségünk van saját illesztőfüggvény létrehozására. A (12) egyenlet illesztéséhez független változóként a hőmérséklet (T) szerepel, függő változóként pedig az átalakult hányad (α). Paraméterként szerepel a c konstans, a hevítési sebesség (β), az aktivációs energia (E), a Boltzmann-állandó (K_B) és az átalakulás mechanikáját jellemző n változó.

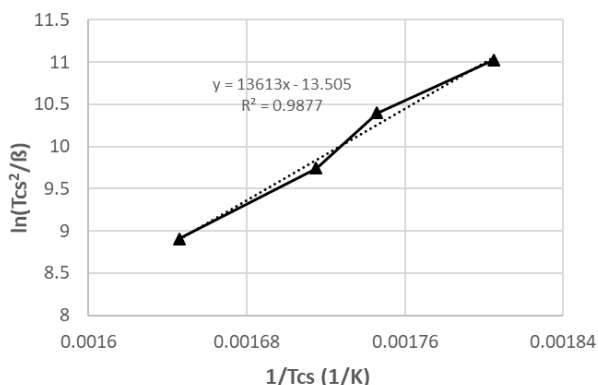
Lehetőség van már a függvény meghatározásakor az egyes paraméterekhez kiinduló értéket rendelni, azonban az illesztések során az derült ki, hogy a kiinduló értékre nagyon érzékeny a függvény, ezért ezt ebben az esetben mellőztük. Miután beállítottuk az illesztőfüggvényt, annak mentése után bezárhatjuk az ablakot.

Ezt követően a nemlineáris görbeillesztés modul elindítására van szükség. A modulon belül kiválaszthatjuk az általunk korábban létrehozott felhasználói függvényt, a *Data Selection* részen belül, pedig megadhatjuk, hogy az aktív diagramon belül mely adatsorok illesztését kívánjuk elvégezni.

Miután a *Dataset Browser* ablakban kiválasztottuk az illeszteni kívánt adatsorokat, ki kell választani, hogy milyen módon szeretnénk a több adatsor egyszerre történő illesztését elvégezni. Jelen esetben ehhez a *Multi-Data Fit Mode* legördülő menüjében a *Global Fit* opciót választottam, mivel ezzel a móddal lehetőségünk nyílik paraméterek megosztására. A paramétermegosztásra azért van szükség, mert nem az egyes adatsorokra külön-külön, hanem az átsajtolásra együttesen szeretnénk meghatározni az egyenlet paramétereit, amely az összes adatsor együttes illesztését jelenti. Fontos azonban, hogy a hevítési sebességet az adatsorokhoz külön paraméterként tudjuk rögzíteni.



6. ábra: Szobahőmérsékleten egyszer könyylesajtolt réz átalakulási görbéi 5, 10, 20 és 50°C/perces hevítési sebesség mellett, mért és illesztett görbék



7. ábra: A Kissinger-egyenlet alapján transzformált koordináta-rendszerbe felvitt értékek

A nem-lineáris illesztés a jelen illesztőfüggvénnyel kifejezetten érzékeny a kezdeti paraméterek megválasztására. Amennyiben megfelelő kiinduló értékeket adunk meg, az illesztés sikeres lesz, elfogadható illesztett paramétereket szolgáltat, ezt mindig ellenőriznünk kell. A 6. ábrán láthatjuk egy illesztés végeredményét. A program generál egy illesztést összefoglaló táblázatot, amelyben minden adatsorhoz megjelenik az illesztett paraméter, valamint az illesztés helyességét jelző R^2 értéke is. R^2 értéke esetünkben 0,98–0,99 között alakult minden egyes adatsor esetén.

5.3 Aktivációs energia meghatározása Kissinger-módszerrel

Az újrakristályosodási folyamat megindításához szükséges aktivációs energia meghatározására számos módszer létezik (Kissinger, Osawa, Boswell, Takhor stb.) [19–20]. A csúcshőmérséklet hevítési sebességtől való függését kihasználva meghatározható az újrakristályosodás mérhető aktiválási energiája a Kissinger-elmélet alapján a következő módon:

$$\ln\left(\frac{T_{cs}^2}{\beta}\right) = \frac{E_a}{R} \frac{1}{T_{cs}} + C \quad (13)$$

ahol

T_{cs} – csúcshőmérséklet (K)

β – hevítési sebesség (K min⁻¹)

E_a – aktiválási energia (J mol⁻¹)

R – egyetemes gázállandó (8,314 J mol⁻¹ K⁻¹)

C – konstans

A (13) egyenlet alapján felvehető egy transzformált koordináta-rendszer (Arrhenius-diagram), amelynek pontjaira illesztett egyenes iránytangenséből kiszámolhatjuk a vizsgált folyamat aktiválási energiáját (7. ábra) [19].

Az illesztett egyenes a koordináta rendszer transzformálása miatt egyszerű $f(x) = ax + b$ alakú egyenlettel meghatározható, ahol $a = \frac{E_a}{R}$.

Így a meredekség és az egyetemes gázállandó szorzata az általunk keresett aktiválási energiát adja eredményül. A Kissinger-módszer szerint 50% átalakult hányad esetén a legnagyobb az átalakulás sebessége. Az esetek döntő többségében ez nem így történik, ezért a módszer nem ad igazán pontos eredményt [21].

6 EREDMÉNYEK

A könyylesajtolt kinetikafüggvényének ((12) egyenlet) illesztése során kapott eredmények és az azok alapján megállapított összefüggések a következőkben kerülnek ismertetésre. Az általunk alkalmazott egyenletben c konstans befolyásoló tényezője E_N és E_G , amelyek a csíráképződés és a csíranövekedés aktivációs energiái. Az átalakulás mechanizmusától függő m érték és a k általános sebességállandó. A vizsgált esetben c értéke $6,02 \times 10^{10}$ értéket vett föl.

Az átalakulás mechanizmusának „térbeliségét” jellemző n érték ($m + 1$) megmutatja az újrakristályosodás rendezettségi fokát. Esetünkben n értéke 2,42 értéket vett fel.

Az aktivációs energia meghatározását elvégeztük az Avrami egyenlet illesztésével és a Kissinger-módszerrel is. Más kutatások eredményeivel [19–20] összevetve mindkét megoldás jó eredményeket szolgáltat. A két metódus eredményei közt nem tapasztalható nagy eltérés (~2-3%). Az Avrami egyenlet illesztésével a kapott aktivációs energia értéke 87,81 kJ/mol, a Kissinger-módszerrel pedig ez az érték 85,93 kJ/mol.

7 KÖVETKEZTETÉSEK

1. A kaloriméteres mérés során alkalmazott hevítési sebesség hatása vizsgálható az Arrhenius diagramon, ahol a regressziós együttható segítségével meghatározhatjuk az aktivációs energiát.
2. A saját MATLAB rutin kiegészítésével plusz lépés és időráfordítás nélkül is olyan adatsorokat generál a program, amelyek az átalakulási kinetika elemzését lehetővé teszik.
3. A függvényillesztéssel kapott eredmények az aktivációs energiára vonatkozóan jól illeszkednek a Kissinger-módszerrel meghatározott értékekre.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A szerzők köszönetüket fejezik ki az Emberi Erőforrások Minisztériuma ÚNKP-18-1-I-OE-18, valamint az EFOP-3.6.1-16-2016-00010 pályázati támogatásának.

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Fejes Gergő Richárd (2017). Könyöksajtolt réz próbatestek DSC vizsgálata, TDK dolgozat. Óbudai Egyetem, Budapest.
- [2] Fejes Gergő Richárd (2016). Buborékmodell a fémkristályok modellezéséhez, TDK dolgozat. Óbudai Egyetem, Budapest.
- [3] Fejes Gergő Richárd (2017). Emelt hőmérsékletű könyöksajtoltas termikus vizsgálata és mechanikai modellezése, TDK dolgozat. Óbudai Egyetem, Budapest.
- [4] Verő József, Káldor Mihály (1977). Fémtan, Tankönyvkiadó, Budapest.
- [5] Dr. Márki-Zay János (2016). Kristálymodell, szemcsemodell és az amorf anyagok modellezése. 92. o. Hódmezővásárhely, Harmónia sorozat.
- [6] Újrakristályosodás (BGK AAT Anyagtudomány Jegyzet). Óbudai Egyetem, Budapest
- [7] Avrami, M (1939). "Kinetics of Phase Change. I. General Theory". *Journal of Chemical Physics*. 7 (12): 1103–1112.
- [8] Avrami, M (1940). "Kinetics of Phase Change. II. Transformation-Time Relations for Random Distribution of Nuclei". *Journal of Chemical Physics*. 8 (2): 212–224.
- [9] Avrami, M (1941). "Kinetics of Phase Change. III. Granulation, Phase Change, and Microstructure". *Journal of Chemical Physics*. 9 (2): 177–184.
- [10] Farjas, J., Roura, P. (2008). Modification of the Kolmogorov-Johnson-Mehl-Avrami rate equation for non-isothermal experiments and its analytical solution, In proc. GRMT
- [11] Christian, J.W. (2002). *The Theory of transformation in metals and alloys*, part I. Oxford: Elsevier Science Ltd.
- [12] Riberio-Frade J. (1998). *J Am Ceram Soc* 81:2654.
- [13] Réti, T., Gergely, M., Tardy, P. (1987). Mathematical treatment of non-isothermal transformations. 367. o. *Materials Science and Technology*, The Institute of Metals, Budapest.
- [14] Mucsi, A. (2011). DSC mérési eredmények feldolgozása. XVI. Fiatal műszakiak tudományos ülészaka: 209-210. o. EME, Kolozsvár.
- [15] Mucsi, András, Varga, Péter (2016). Evaluation of differences in the estimated recrystallized volume using different methods based on EBSD data. In: László, Nádai; József, Padányi (szerk.) *Critical Infrastructure Protection Research: Results of the First Critical*

- Infrastructure Protection Research Project in Hungary Zürich, Svájc Springer International Publishing, p. 101.
- [16] Mucsi András, Borossay Béla, Horváth, László, Varga, Péter (2010). Termikusan aktivált folyamatok modellezésének új lehetőségei, *GÉP* 61:8 pp. 16-19.
 - [17] Mucsi András (2013). Recrystallization of Pure Copper Investigated by Calorimetry and EBSD, *MATERIALS SCIENCE FORUM* 729 pp. 455-459.
 - [18] OriginLab Corporation: Origin 9.1 User guide (2013)
 - [19] Árki, P.; Pázmán, J.; Verő, B. (2014). Könyöksajtolt rézminták újrakristályosítása. *Kohászati Lapok*, 11-14. o. Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület, Budapest.
 - [20] Benchabane, G., Boumerzoug, Z., Tibon, I., Gloriant, T. (2008) Recrystallization of pure copper investigated by calorimetry and microhardness. Elsevier.
 - [21] Mucsi András (2010) Termikusan aktivált folyamatok modellezése, TDK dolgozat, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Budapest.

Effect of Cooling Rate on the Microstructure and Mechanical Properties of Low Carbon Steel

Nurşen SAKLAKOĞLU**, Fırat ÜNALP, Mehmet Cem DEMİR, Çağlar HOCALAR*,
Selçuk DEMİROK

**Celal Bayar University, Manisa, Turkey, nursen.saklakoglu@cbu.edu.tr

*Celal Bayar University, Manisa, Turkey hocalarcaglar@gmail.com

Abstract

This paper reports the effect of cooling rate on the microstructure and mechanical properties of a kind of low carbon steel microalloyed with V and Nb content (0,01% and 0,0164%) after hot deformation by using real forging experiments. The results show that cooling rate has a significant effect on the microstructure, yield strength, tensile strength and impact energy of the P285NH steel. The accelerated air cooling with 1,48 °C/s cooling rate yielded to the formation of mixed structure with acicular ferrite and bainitic ferrite which resulted higher tensile strength and lower toughness. In this case, the normalization step was needed to obtain higher toughness which customer's demand.

Keywords: hot forging, cooling rate, accelerated air cooling, direct cooling, microalloyed steel

1 INTRODUCTION

Hot forging is a classic and also widely diffused industrial process. Every year in Europe, millions of tons of steel parts are produced by hot forging processes [1]. In metal forging process the quality and performance of the forged product is heavily dependent on various parameters such as grain size, austenization temperature and cooling rate after hot forging. The cooling rate after finishing deformation stage has a significant effect on the mechanical properties establishing final microstructure which controls the mechanical properties. Higher cooling rates give rise to a decrease of ferrite amount and an increase pearlite amount causing high strength, hardness, dislocation density, and fine phases because it suppresses the atomic diffusion. But it causes a decrease impact toughness. On the other hand, slow cooling results soft, coarse and less dislocated phases like polygonal ferrite and less amount of pearlite resulting higher toughness [2]. The size and percentage distribution of ferrite and pearlite within the microstructure play an important role on the final mechanical properties [3]. Required strength levels can be provided via controlled evolution of microstructure and substructure by governing of cooling rate.

In conventional hot forging processes, forged parts are cooled to room temperature in large boxes putting on top of each other. This kind of cooling is called batch cooling (BC) and followed by normalization step. This procedure wastes the thermal energy available in the hot forged parts, hence requiring their reheating for subsequent normalizing [4]. Low alloy steel can attain acceptable properties for many applications following hot forging either via cooling freely in air, or through direct quenching [5]. Direct cooling processes allow to eliminate reheating and normalization step [6]. In comparison to conventionally processed quenched and normalized steels, direct-cooled low alloy steels offer the potential for significant cost savings [7].

This is a part of an industrial project. A hot forging company wants to guarantee the yield strength and ultimate tensile strength at room temperature as well as impact test at -20 °C for a pressured vessel component. The present investigation was aimed to process optimization for the component. Basically, the effect of cooling rate after hot forging on the microstructure and mechanical properties of low carbon steel P285NH was studied. The different mechanical properties like yield strength, ultimate tensile strength, impact strength and hardness obtained were correlated with microstructure using high magnification optical microscope. At the same time, the continuous cooling transformation (CCT) diagram was calculated using the JMatPro (Sente Software Ltd., Guildford, UK) software [8]. This package was also used to monitor the evolution of potential phases. Finally, the correlation between the experimental and numerical studies was discussed.

2 MATERIAL AND METHODS

The material used in the study was low-carbon microalloyed steel grade P285NH (Tab. 1). The material was received in as-hot rolled condition with reduction ratio 17:1.

1. Table: Chemical composition of microalloyed steel P285NH used in the study

C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	V	Al	Cu	Sn	Nb
0,10	0,20	1,08	0,009	0,002	0,13	0,01	0,07	0,01	0,025	0,04	0,003	0,0164

The specimens were cut out from as-received bars and heated up to 1150-1200°C in an oxidizing atmosphere (air), soaking up for 10 minutes and cooling down to forge-finish point. After the heating cycle was completed, the ingot was forged on a 1600 - ton mechanical open die and forging operations were completed with 6 steps (Fig. 1). After hot deformation the specimens were subject to accelerated air cooling (AAC) without mist by cooling of separate forged parts on the conveyor to evaluate the effect of controlled cooling against batch cooling (BC) inside the heap of forged parts in a box which is most common traditional cooling way in hot forging industry. For comparative studies, samples subjected to normalization process for both BC and AAC. After normalization, samples cooled by batch cooling, named respectively BC-N and AAC-N. For normalization, samples were heated up in four steps (780 oC, 865 oC, 870 oC, 930 oC) for 8-hours. Samples were removed from the furnace at avr.870 oC, waited for 10 min and transferred to air batch for cooling down to room temperature.

In order to control the cooling rates of specimens precisely and to pursue the homogenous microstructure during cooling, pyrometer measurements were maintained for tracing the actual forging temperature and

the cooling rates were calculated by measuring the temperature of specimens after exiting of furnace. The temperature of the billets during deformation was also recorded by the same pyrometer. Table 2 shows 4-different thermomechanical states used for investigation of the effects of forging parameters.

2. Table: Four different thermomechanical states used for investigation on the effects of forging parameters

	Cooling rate, °C/s
Batch Cooling (BC)	0,373
Batch Cooling (BC) + Normalization (BC-N)	0,373 + 0,21
Accelerated Air Cooling (AAC)	1,48
Accelerated Air Cooling + Normalization (AAC-N)	1,48 + 0,226

The part is manufactured as a pressured vessel component for a company (Fig.2) and according to the standards required by the company the yield strength must be above 245 (N/mm²), the tensile strength must be in the range of 390 - 510 (N/mm²) and the impact energy must be above 40 joules at -20°C.



1. Figure: Forging steps



2. Figure: Final part after finishing operations

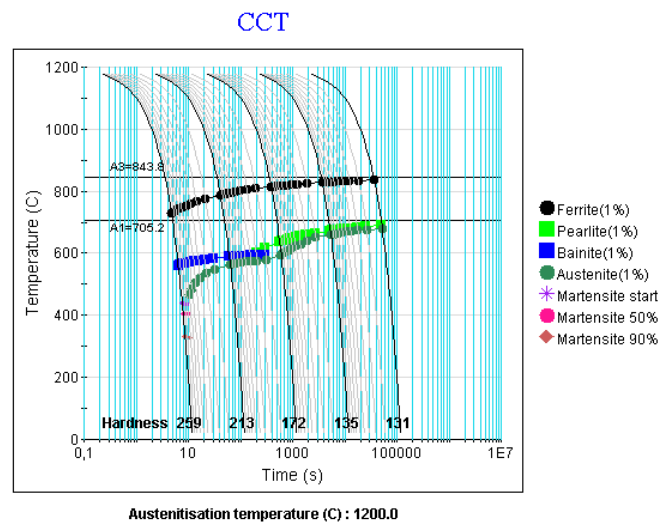
Tensile tests were performed on a Universal tensile-testing machine (INSTRON 1195), at a crosshead speed of 20 mm/min. Yield strength (YS), Ultimate tensile strength (UTS) and Elongation to failure (%El) were measured. The Charpy tests were carried out at -20°C temperature. Rockwell B indentation experiments were performed to determine the effects of heat treatment conditions on the mechanical properties. Samples for metallographic analysis were prepared by mechanically grinding and polishing. Etching of samples was performed by nital solution. Metallography analysis was performed using scanning electron microscopy (SEM) method. Grain size was measured by means of Clemex professional edition image analyzer software.

With the JMatPro program, CCT chart was obtained by introducing a given composition, austenitisation temperature and grain size into the program where the austenite grain size was taken as 33 µm. Obtained chart is shown in Fig. 2. JMatPro also incorporated a capability to calculate transformations involving ferrite, pearlite and bainite in steels closely based on the model of Kirkaldy [9].

3 RESULTS

The CCT curves of the P285NH alloy are given in Figure 3. As it is seen that while A3 is 843,3 oC, A1 is 705,2 oC. Table 3 shows the calculated phase percentages and HRB hardness values after complete cooling to ambient temperature. As it is seen that BC and AAC yielded almost same hardness, respectively 82 and 83 HRB. The normalizing process gives raise to increase in ferrite amount and decrease the hardness. After normalization, no matter how batch cooling or accelerated air cooling, microstructure showed almost same ferrite and pearlite fractions with lower grain size. The austenite to ferrite transformation, cooling rate and different ferrite morphologies are important because by

controlling of these parameters, the mechanical properties of steel are improved.



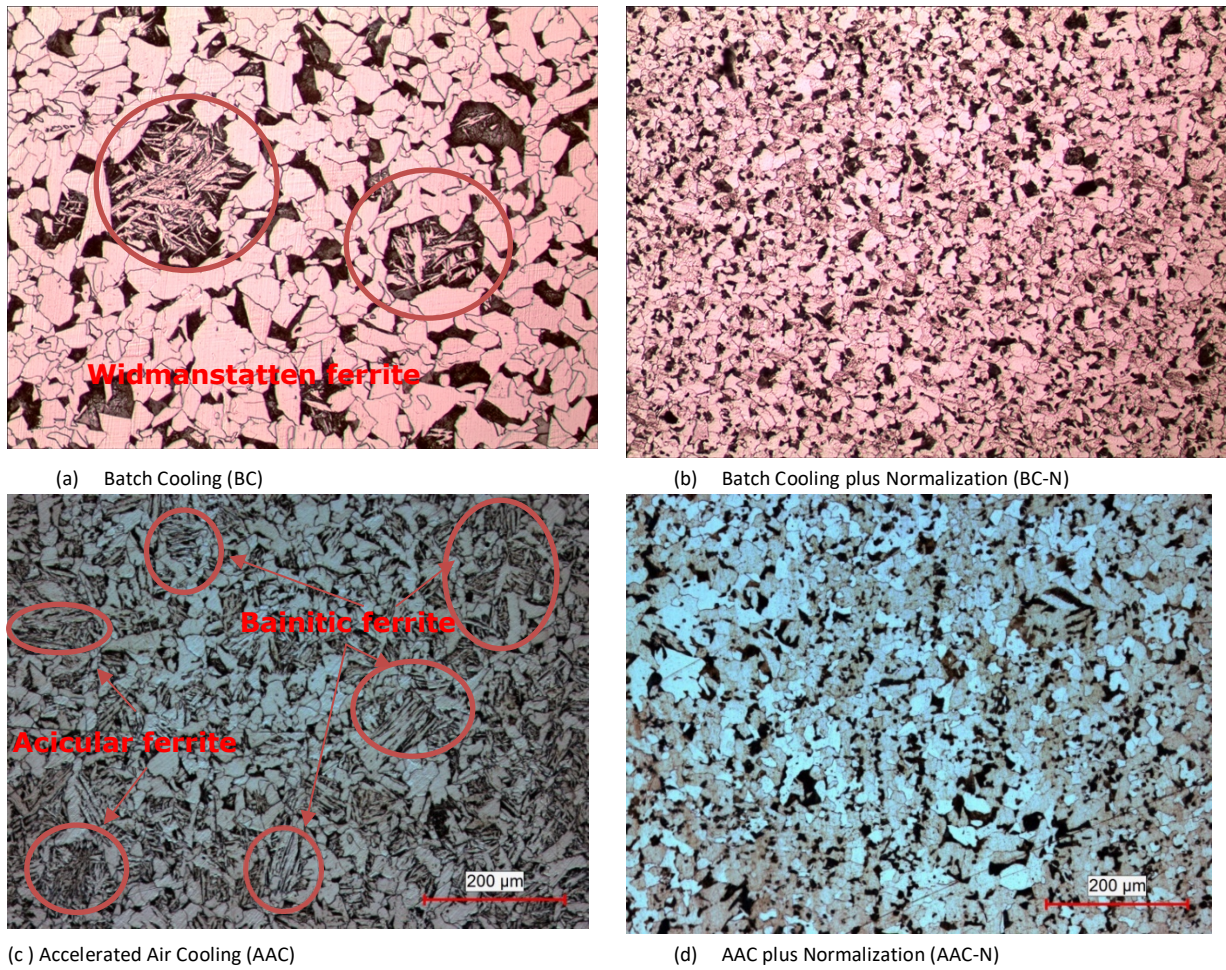
3. Figure: CCT diagram for P285NH steel by JMat-Pro analysis

The metallographical observations (Fig.4) confirmed JmatPro analysis that AAC results large amount of bainite plus acicular ferrite while BC results coarse polygonal ferrite and very small amounts of pearlite with a few widmastaten ferrite island. The normalizing heat treatment changes the original microstructures (Fig. 4 b and d) to an equiaxed fine ferrite microstructure for both AAC and BC.

Jmatpro analysis cannot obtain acicular ferrite. It is known that ACICULAR ferrite (AF) is formed in the same temperature range as bainitic ferrite (BF) (approximately 400 °C to 600 °C) by the same type of transformation mechanism. It is very hard to distinct the AF and BF. A change from bainite to acicular ferrite can be achieved by simple control of the nucleation sites. In the case of bainite, the ferrite nucleates at the austenite grain boundaries and forms packets of parallel plates with similar crystallographic orientations, whereas acicular ferrite nucleates intragranularly at nonmetallic particles, as it can be seen in Fig. 4, schematically [10-13]. Thus, Díaz-Fuentes et al. (2003) recommended that structures of parallel ferrite plates inside the austenite grain should be named intragranularly nucleated bainite and that only chaotically arranged ferrite plates nucleating at point sites should be classified as acicular ferrite [14].

3. Table: Calculated Phase Percentages by JmatPro and Hardness Values and grain sizes determined by experimentally

	JmatPro analysis			Experimentally determined	
	Ferrite, wt-%	Pearlite, wt-%	Bainite, wt-%	Hardness, HRB	Grain size,
Batch Cooling (BC)	71.9	28.1	-	82	30,26
Batch Cooling + Normalization, BC-N	85.35	14.65	-	69	16,95
Accelerated Air Cooling, AAC	58.35	13.06	28.09	83	25,34
Accelerated Air Cooling + Normalization, AAC-N	83.84	16.16	-	66	18,45

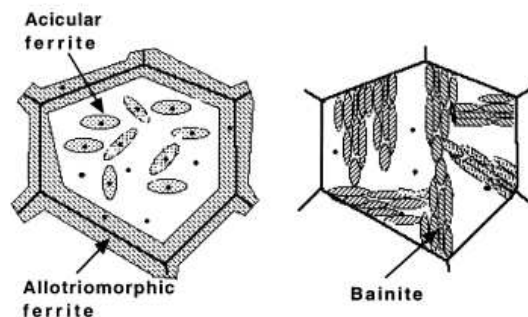


4. Figure: Microstructures from various TMT's

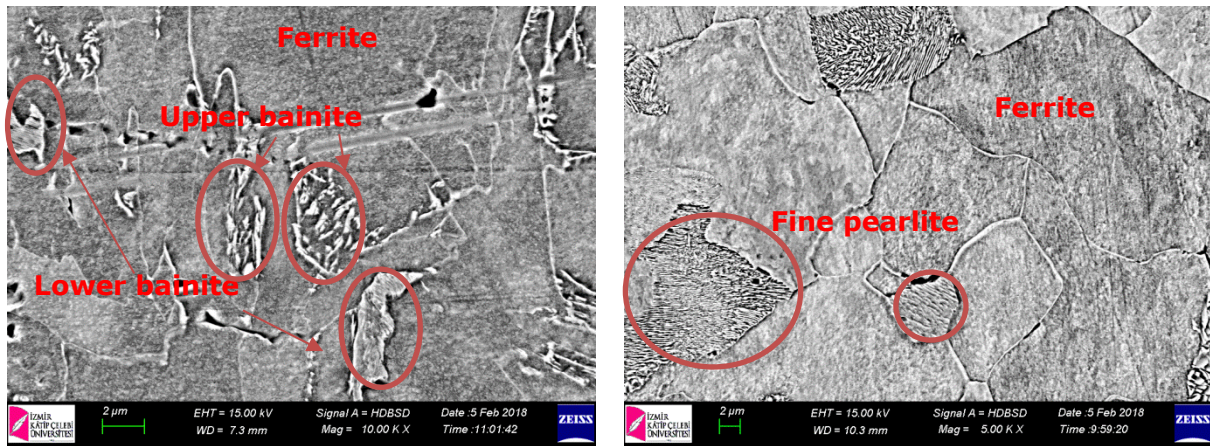
Therefore, it is seen from Fig. 5-c that accelerated air cooling with 1,48 oC/s cooling rate leads to formation of bainitic structure with some acicular ferrite and polygonal ferrite.

It was expected that accelerated air cooling would yield to acicular ferrite formation and it would give a

good toughness [15-18]. Nevertheless, it was not possible to produce pure acicular ferrite with applied cooling rate in this study. Mechanical properties showed (Table 4) that bainite plus acicular ferrite formation in the microstructure cause increase in tensile and yield strength with a consequent decrease in ductility values.



5. Figure: Schematic illustration of the mechanism by which the presence of allotriomorphic ferrite at the austenite grain surfaces induce a transition from a bainitic to acicular ferrite microstructure



(a) Accelerated Air Cooling (AAC) (b) Accelerated Air Cooling plus Normalization (AAC-N)
6. Figure: AAC microstructures by SEM with higher magnification

Finally, a spectacular strength increase along with a marked decrease in impact strength is observed in AAC specimens. Accelerated air cooling resulted in a mixture of bainitic and acicular ferritic structures and pearlitic transformation was substantially suppressed by the prior occurrence of the equilibrium. Moreover BC resulted both lower yield&tensile strength and lower impact energy comparison to AAC. However, it was expected that lower strength should correspond higher toughness. It is concluded that this lower impact energy arised from widmanstatten ferrite in BC part. It is known that continues cooling yields the transformation structure, respectively; grain boundary ferrite, polygonal ferrite, widmanstatten ferrite, acicular ferrite, upper bainite, lower bainite and martensite Observation of the mechanical property of materials with different ferrite microstructure has shown that widmanstatten ferrite,

upper bainite, grain boundary ferrite is detrimental to toughness, whereas acicular ferrite improves it [19].

According to customer standard of the pressured vessel component, the impact energy must be above 40 joules at -20°C, the yield strength must be above 245 (N/mm²) and the tensile strength must be in the range of 390 - 510 (N/mm²). All samples provided yield strength and impact energy criteria. But both BC and AAC resulted above the limit of tensile strength and their standard deviation was highest. The only normalization processes provided the customer's all parameters. The charpy energy increased dramatically, at least 4 or 5 times with normalization. Finally, the change of mechanical properties reflects microstructural changes, confirming a strong structure sensitivity of toughness. The highest toughness exhibits the fine ferrite-pearlite structure.

4. Table: Mechanical properties

TMT's	Yield Strength (MPa)	Std.Dev.	Ultimate Strength, MPa	Std.Dev.	Impact Joule	Energy, Std.Dev.
Batch Cooling (BC)	358	3,4	516,6	5,9	55,2	38
Batch Cooling + Normalization, BC-N	319,3	1,2	459,7	1,85	250,6	5,8
Accelerated Air Cooling, AAC	371,3	13,8	541,6	3,7	62,8	45
Accelerated Air Cooling + Normalization, FC-N	317,5	13,8	454,9	5,2	243,1	10,8

4 CONCLUSION

We studied the effect of batch cooling (BC) and accelerated air cooling (AAC) on microstructural properties and mechanical properties of P285NH microalloyed steel which is used for a pressured vessel component. This part is conventionally produced by hot forging, batch quenching and normalization steps, respectively. It is known that the hot forging followed by controlled cooling can eliminate the normalization step establishing beneficial microstructure such as acicular ferrite which is associated with beneficial combination of strength and toughness. But we didn't reach to get acicular ferrite, we could get mixed structure with mainly

bainite and acicular ferrite, therefore it yielded high ultimate strength which is out of limit for the part. It is concluded that it is not possible to produce this part with P285NH microalloyed steel without normalization after cooled BC or AAC which applied in this study. It is suggested that either the part should be produced with normalization step or the cooling rate which yield to pure acicular ferrite should be determined.

ACKNOWLEDGMENT

The authors would like to thank Celal Bayar University (Project Code: 2017-205) for providing financial support. The authors are thankful to EGEMET FORGE Inc. for providing samples and hot forging trials.

REFERANCES

- [1] Panjan, P., Urankar, I., Navinsek, B., Tercelj, M., Turk, R., Cekada, M., Leskovsek, V. (2002). Improvement of hot forging tools with duplex treatment: *Surface & Coatings Technology*, v. 151-152, p. 505-509.
- [2] Equbal M.I., Alam, P., Ohdar, R., Anand, K.A., Alam, M.S. (2016). Effect of Cooling Rate on the Microstructure and Mechanical Properties of Medium Carbon Steel: *International Journal of Metallurgical Engineering*, 5(2): 21-24
- [3] Gunduz, S. & Capar, A. (2006). Influence of Forging and Cooling Rate on Microstructure and Properties of Medium Carbon Microalloy Forging Steel: *Journal of Materials Science*, 41, 561–564.
- [4] Souza, E.G., Yamakami, W.J., Rodrigues, A.R., Menezes, M.Â., Gallego, J., Ventrella, V.A., Matsumoto, H. (2011). The Assessment of Hot Forging Batches Through Cooling Analysis, *Journal of Machine and Forming Technologies*, Volume 3, Number ½.
- [5] Tash, M.M. (2015). Effect of Hot Forging Reduction Ratio and Heat Treatment on Hardness, Impact Toughness and Microstructure of Carbon and Low Alloy Steels, *International Journal of Advanced Technology in Engineering and Science*, Volume No.03, Issue No. 03, March.
- [6] Skubisz, P. (2017). Controlled Austempering of Hammer Forgings Aimed at Pseudo Normalized Microstructure Directly after Deformation: *METABK* 56(3-4) 341-344
- [7] Matlock, D. K., Krauss, G., Speer, J. G. (2001). Microstructures and Properties of Direct Cooled Micro-alloy Forging Steels: *Journal of Materials Processing Technology*, Vol. 117, Issue 3, pp 324-328.
- [8] Saunders N., Guo, Z., Li, X., Miodownik, A.P., Schillé, J.P. (2003). Using JMatPro to model materials properties and behavior. *JOM*, V.55, 60–65
- [9] Saunders, N., Li, X., Miodownik, A.P., Schillé, J-Ph. (2001). *Materials Design Approaches and Experiences*, eds. J.-C. Zhao et al., (Warrendale, PA:TMS), 185
- [10] Loder, D., Michelic, S.K., Bernhard, C. (2017). Acicular Ferrite Formation and Its Influencing Factors - A Review, *Journal of Materials Science Research* Vol. 6, No. 1.
- [11] Illescas, S., Fernández, J., Asensio, J., Sánchez-Soto, M., Guilemany, J.M. (2009). Study of the mechanical properties of low carbon content HSLA steels: *Revista de Metalurgia*, 45 (6) Noviembre-Diciembre, 424-431.
- [12] Lee, H.J., Lee, H.W. (2015). Effect of Cr Content on Microstructure and Mechanical Properties of Low Carbon Steel Welds: *International Journal of Electrochemical Science*, 10, 8028 – 8040.
- [13] Josefsson, B., Andrén, H.-O. (1988). Microstructure of Granular Bainite: *Journal de Physique Colloques*, 49 (C6), pp.C6-293-C6-298.
- [14] Díaz-Fuentes, M., Iza-Mendia, A., & Gutiérrez, I. (2003). Analysis of different acicular ferrite microstructures in low-carbon steels by electron backscattered diffraction. Study of their toughness behavior: *Metallurgical and Materials Transactions A*, 34(11), 2505–2516.
- [15] Mazancová, E., Jonšta, Z., Wyslych, P., Mazanec, K. (2005). Acicular Ferrite and Bainite Microstructure Properties and Comparison of Their Physical Metallurgy Response: *Metal*, 24. – 26. 5.
- [16] Shao, Y., Liu, C., Yan, Z., Li, H., Liu, Y. (2018). Formation Mechanism and Control Methods of Acicular Ferrite in HSLA Steels: A review: *Journal of Materials Science & Technology*, 34(5), 737-744.
- [17] Shi, L., Yan, Z., Liu, Y., Yang, X., Qiao, Z., Ning, B., Li, H. (2014). Development of Ferrite/Bainite Bands and Study of Bainite Transformation Retardation in HSLA Steel during Continuous Cooling: *Metals and Materials International*, Volume 20, Issue 1, pp 19–25.
- [18] Hui, W., Zhang, Y., Shao, C., Chen, S., Zhao, X., Dong, H., (2016). Effect of Cooling Rate and Vanadium Content on the Microstructure and Hardness of Medium Carbon Forging Steel: *Journal of Materials Science & Technology*, 32(6): 545-551.
- [19] Esmailian, M., (2010). The Effect of Cooling Rate and Austenite Grain Size on the Austenite to Ferrite Transformation Temperature and Different Ferrite Morphologies in Microalloyed Steels: *Iranian Journal of Materials Science & Engineering* Vol. 7, Number 1.

Geometric design of sleeve and abutment for subperiosteal implants using finite element analysis

Subperiostealis implantátumokhoz persely és abutment geometriai kialakítása végeelem analízis segítségével

Kulcsár Klaudia, Kónya János

Dent-Art-Technik Kft., Győr, Magyarország

kulcsar.klaudia@dentarttechnik.hu; labor@dentarttechnik.hu

Abstract — Nowadays, we experience a rapid development in the field of implantology. Dental implant insertion became a routine procedure during which, mostly screw-type implants are used. Achievements in modern implantology result in such tooth replacements which are perfectly identical to natural teeth both aesthetically and functionally. Thus, chewing ability can be completely restored. The most important advantage of these procedures is that they prevent further bone resorption in neighbouring tissues. The use of custom-made implants becomes even more widespread in modern implantology. Thanks to the patient-specific design, various dental replacements are made that fulfil different needs and expectations of each patient. The creation of these custom design implants is carried out with additive manufacturing technology. This additive technology provides an opportunity for patients who have insufficient bone tissue for the insertion of conical implants. This study presents denture-supporting abutments of different geometric designs. The abutment is directly connected to the sleeve, which is fixed to the subperiosteal implant with micro-welding technology. In geometric design, the distribution of axial forces resultant from the denture is of vital importance as stress levels should be decreased. Examinations were carried out with finite element analysis, which is a widely-used method in engineering practice. By the end of this study, optimal geometric design is determined by comparing the result of each design. The chosen geometry is then implemented into practice and used for the implantation procedure. The material of choice for the subperiosteal implant is Grade 23 titanium alloy, and it is created with an additive manufacturing process. The material of the sleeve and abutment is Grade 5 titanium alloy, and these parts are manufactured with a subtractive process.

Keywords: implant, subperiosteal implant, finite element analysis, sleeve, abutment

Összefoglalás — Napjainkban az implantológia területén robbanásszerű fejlődést tapasztalhatunk. Rutinfeladatnak számít az implantátumok behelyezése, melyekre a legelterjedtebben a csavarimplantátumokat alkalmazzák. Az implantáció segítségével olyan fogpótlásokat készítenek, amelyek esztétikailag és funkcionálisan az eredeti fogakkal teljesen megegyeznek, ezáltal visszaállítják a teljes rágóképességet. Ezen beavatkozások legfontosabb előnye, hogy megakadályozzák a foghiányos csontszövet további

leépülését. A modern implantológiában egyre elterjedtebbé válik az egyedi implantátumok alkalmazása. Az individuális tervezésnek köszönhetően a páciens igényeinek, elvárásainak megfelelően készülnek a különböző pótlások. Az egyénre szabott implantátumok gyártása additív gyártástechnológiával történik. Ezen technológia alkalmazása lehetőséget nyújt azon páciensek számára, akiknek nincs elegendő csonttömege a körszimmetrikus implantátumok beültetéséhez. Tanulmányunkban különböző kialakítású abutment geometriákat mutatunk be, melyekre a fogmű fog felfeküdni. Az abutment közvetlenül a perselyhez csatlakozik, ami a subperiostealis implantátumhoz mikro hegesztéssel van rögzítve. A geometriai kialakításnál fontos a fogműről ható tengelyirányú erők eloszlása mivel az ébredő feszültségek csökkennek. A vizsgálatokat végelem analízissel végeztük, amely eljárás egy elterjedt módszer a műszaki gyakorlatban. A tanulmány végén kapott eredményeket összehasonlítva megállapítjuk a legmegfelelőbb geometriai kialakítást, amelyet alkalmazni fogunk a gyakorlatban, illetve a beültetés során. A subperiostealis implantátum alapanyaga Grade 23-as titánötvözet, melyet additív gyártástechnológiával valósítunk meg. A persely és az abutment Grade 5-ös titánötvözetből készül és szubtraktív eljárással készül.

Kulcsszavak: implantátum, subperiostealis implantátum, véges elem analízis, persely, abutment

1 INTRODUCTION

The beginning of dentistry dates back to 2000 b.c. Historical sources in cuneiform writing mention toothache from that time. Those days, however, it was thought that these conditions were caused by little wormlike animals. Replacements for lost teeth, made from mainly stones or bones, were used even in ancient Egypt [1, 2]. Implantation as a possibility for tooth replacement was first mentioned by Pierre Fauchard in his book “Le chirurgien dentiste”. Maggiolo Manuel attempted to insert golden implants in 1809, although failed to achieve any success with his method. Harris, a dental professional, reattempted the operation in 1887, but he used platinum implants that time [3]. Dr. Edmunds was the first dentist to implant a platinum disc covered by a ceramic crown. Stroc and later Fomiggini created the predecessors of today-known screw-shaped dental implants that were actually used in patients.

Brånemark, who laid down the basics of osseointegration, is known to be the founder of modern-day implantology. He conducted experiments with screw-type, pure titanium implants in the beginning of the 1950s. His studies showed that bone tissue was able to attach to titanium surface. Moreover, this behaviour was not observed on any other implanted materials [1]. Medical instruments such as dental implants must fulfil strict requirements. Numerous regulations and standards apply to dental implants regarding implant material, instrument, packaging, sterilization, animal tests, technical documentation, and fatigue testing [4]. Subperiosteal implant was invented by Dahl in 1936. The basic principles of subperiosteal implant insertion were the surgical exploration of the jawbone, which served as a basis for cast impression. Implant frame was designed using the impression, which had covered the jawbone. After the surgical re-exploration of the jaw, the completed subperiosteal implant was inserted. The final denture was placed on protruding posts after mucosal healing [1, 5].

2 MATERIALS AND METHODS

Commercially pure titanium and titanium alloys are widely used in different medical applications. Their corrosion resistance and outstanding mechanical properties are among their most notable characteristics. They have high fatigue strength and can withstand high mechanical loads. These properties are highly advantageous for prostheses in dental technician practice. Titanium is quite a ductile material as well. It can also integrate into human tissues due to its osseoconductive properties [6]. The most widely-used titanium alloy in dental technical practice is Ti-6Al-4V, from which Grade 5 alloy is used for metal cutting processes and Grade 23 for additive technologies. It is a dual-phase $\alpha + \beta$ titanium alloy. Aluminium acts as an alpha-stabilizer, while Vanadium stabilizes the beta-phase. The main characteristics of Ti-6Al-4V alloy are the following: good corrosion resistance, low density, high strength-mass ratio, low modulus of elasticity, low coefficient of heat expansion, non-magnetic behaviour, good fatigue resistance, and good mechanical properties at room temperature [7]. Table 1 contains the main mechanical characteristics of Ti-6Al-4V alloy.

Table 1: Mechanical properties of Ti-6Al-4V titanium alloy

Mechanical property	
Elastic limit	950 MPa
Tensile strength	1020 MPa
Elongation	14 %
Contraction	40 %
Rockwell hardness	33 HRC
Modulus of elasticity	120 GPa
Poisson-ratio	0,37

3 NUMERICAL ANALYSIS IN DENTAL IMPLANT

Screw loosening causes one of the major problems in dental implant systems. To avoid this, preloaded screws are used. Implant fracture can occur if the screw is overloaded during its preload. Screw fracture can also arise from occlusal forces. One cause of screw loosening is the eccentric connection resultant from mechanical loads. Load distribution and material fatigue are possible causes of

loosening and these mechanisms can potentially decrease the effect of screw preload. Different studies have already showed that the torque for implant tightening recommended by the manufacturer and the preload remain way under the elastic limit of the material. More experimental data is required to confirm the existence of stress relaxation in implant materials. Vibration and damping behaviour is another possible factor that can lead to screw loosening. No reports or studies proved that this dynamic behaviour nearby the implants in the jawbone is a critical factor affecting screw loosening [8].

4 THE MECHANICS OF CONICAL INTERFERENCE FIT IN DENTAL IMPLANTS

The connection between the implant and abutment (superstructure) is determined by screw preload arising from the previously-defined insertion torque. Conical fit leads to high contact pressure that results in high friction resistance. It is important to consider the safety of implant-abutment connection in such fitting compositions. A simplified abutment diagram is shown in Fig. 1 with the axial force resulting from biting [8].

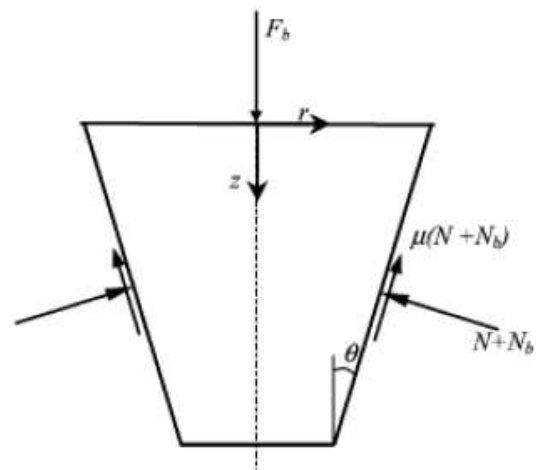


Figure 1: Simplified abutment with the axial forces present

Occlusal forces exerted on the abutment help keeping the connection secure. The mechanism of conical interference fit becomes loose due to the tension force and loosening torque. *Brunski et al.* proved that axial tension load can promote the restoration of multi-phase implants, thus an adequately large tension force is required for the long-term stability at the implant-abutment connection [8, 9].

5 EFFECTS OF BONE TISSUE ON THE PRESSURE AROUND IMPLANT – ABUTMENT INTERFACE

Clinical studies reported bone resorption in implant-surrounding bone tissue. In the following, we assume that the material properties of bone tissue that entirely encapsulates the implant are constant, isotropic, and bone is not osteoporotic [8, 9].

5.1 Classification of interfaces

Interfaces can be classified as the following according to the position of surfaces relative to each other:

- Frictional: surfaces can slide and separate from each other against frictional forces. In this case, friction coefficient must be defined during the

examination. In this event, the two parts slide past each other.

- Frictionless: interacting surfaces can easily slide past each other without any friction and energy loss. This case, constraints and load definitions require particular attention to avoid infinite displacement due to frictionless sliding.
- No separation: interacting surfaces cannot separate from each other. However, they can smoothly slide past each other.
- Rough: interacting surfaces cannot slide past one another as friction coefficient is considered infinite. Although they are separable in the direction normal to the interface.
- Bonded: also called welded joint because surfaces cannot move in any direction relative to each other as friction coefficient is considered infinite [10].

Subperiosteal implants: Dahl's procedure had several disadvantages for example, subperiosteal implants did not integrate into the bone tissue, only connective gum tissue kept the implant systems in place. The large number of necessary surgical interventions was also challenging [11].

6 EFFECTS OF BONE TISSUE ON THE PRESSURE AROUND IMPLANT – ABUTMENT INTERFACE

The patient's jawbone is created in a computer-aided virtual design space using the received CB-CT (Cone Beam CT) images and considering medical aspects as well. CT processing is presented in Fig. 2.

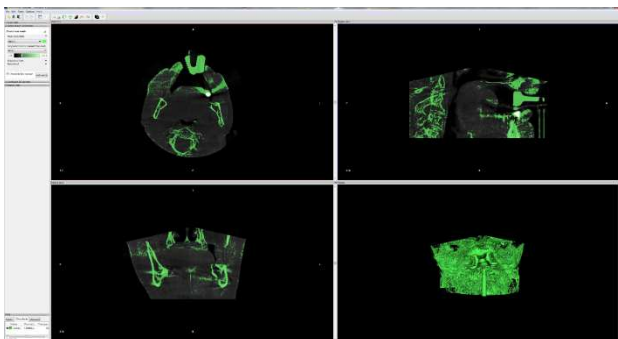


Figure 2: CT processing

The first step of the design process is jawbone surface generation, during which CB-CT images are converted to three-dimensional STL format, which is compatible with different softwares. Images from this process are presented in Fig. 3. Design is influenced by the recommendations of the dental surgeon conducting the operation. The position of future dental implants, dental arch, arrangement, and articulation are planned based on CB-CT images. The ideal position of fixation pillars on the implant is determined by denture geometry. The completed virtual model is then 3D-printed from polymeric material. Further process steps are implemented using this jawbone model.

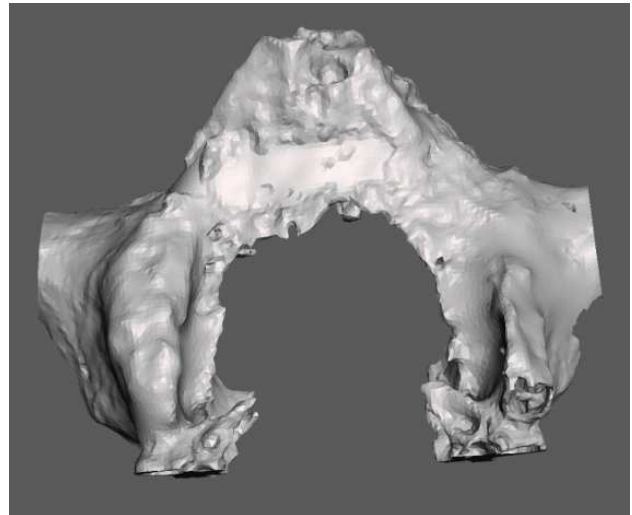


Figure 3: Retrieved bone surface, STL file

7 SINGLE-PHASE IMPLANTS

The equations have to be centered and numbered, in case of references. Put the reference numbers between brackets and align to the right margin

7.1 Manufacturing and characterization of single-phase

At first, subperiosteal implants were casted from titanium material. Precision casting was carried out with a vacuum pressure casting machine. Our titanium casts, as shown in Fig. 4, always had to be subjected to X-ray Computer Tomography. Internal voids had to be analysed and dislocations had to be screened. Extensive internal voids were repaired with laser welding, then the workpiece was subjected to another X-ray CT scan. After reaching the desired material homogeneity, fixation pins were removed, and the workpiece went through proper surface treatment. A surface treatment with micro-ceramic particles was used to promote implant osseointegration.



Figure 4: Single-phase cast subperiosteal

One of the disadvantages of single-phase subperiosteal implant was the possible damage of the protruding fixation posts, which would have meant the replacement of the whole implant system. To avoid this, the whole method and the subperiosteal implant construction were completely revised. The single-phase implant was replaced by a dual-phase implant system.

7.2 Dual-phase implant system

Our purpose was to transform the single-phase implant system into a dual-phase one in order to eliminate problems mentioned before. The first version is visible in Fig. 5.



Figure 5: Cast subperiosteal implant

The subperiosteal implant was produced with casting technology and a connecting insert was designed that was fixing the abutment. This solution provided a conical connection geometry with a 3D diagram shown in Fig. 6.

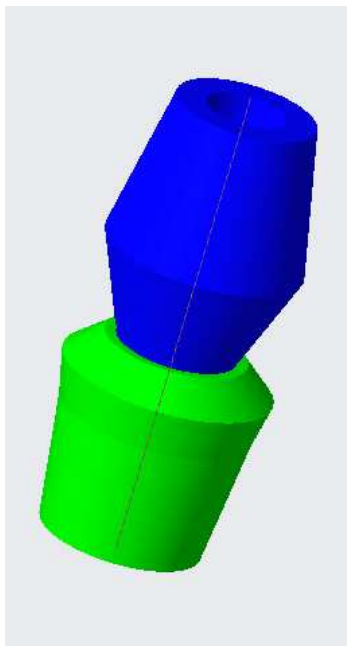


Figure 6: 3D model of internal conical connection

Fig. 7 shows the dimensions of the abutment and sleeve. These parts were machined from Grade 5 titanium alloy (Ti-6Al-4V).

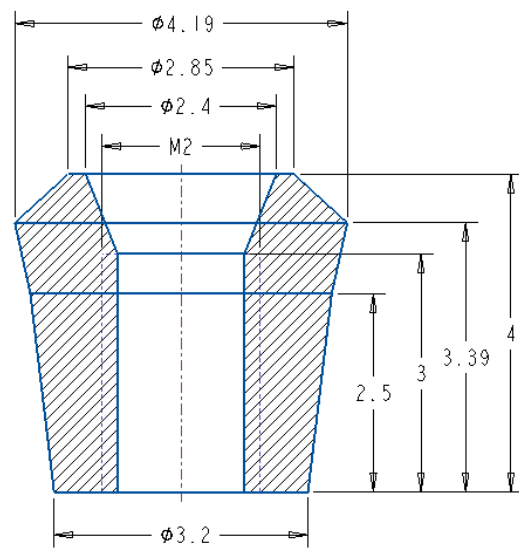
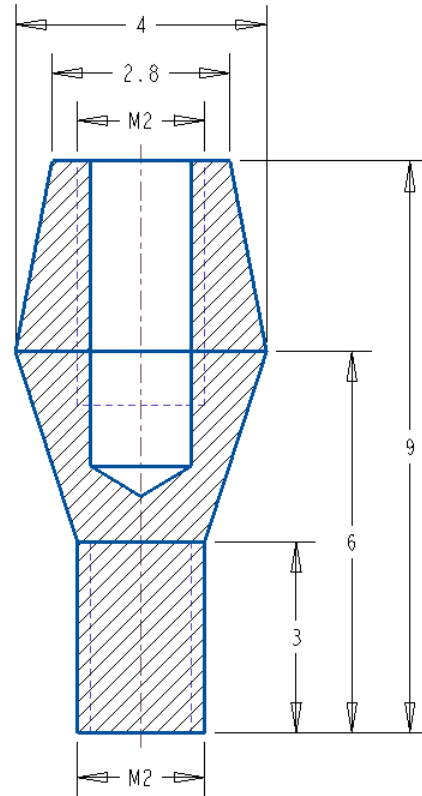


Figure 7: Abutment and sleeve

The consideration of anatomical aspects was the main reason why the geometry and manufacturing technology was changed. Our new implant variation was equipped with an external conical connection instead of an internal design, and it was manufactured with 3D printing. Laser sintering, also called 3D printing, is an additive manufacturing technology. Products are build-up of thin powder films layer-by-layer. An STL file must be generated before 3D printing, which is triangulated surface structure. A SISMA Mysint 3D printer was used with its own LMF technology. With Laser Metal Fusion, complex metallic parts and internal structures can be manufactured such as

subperiosteal implants that are shown in Fig. 8. 3D printed parts are removed from the build platform and support material is separated. Afterwards, parts go through further post-processing steps.

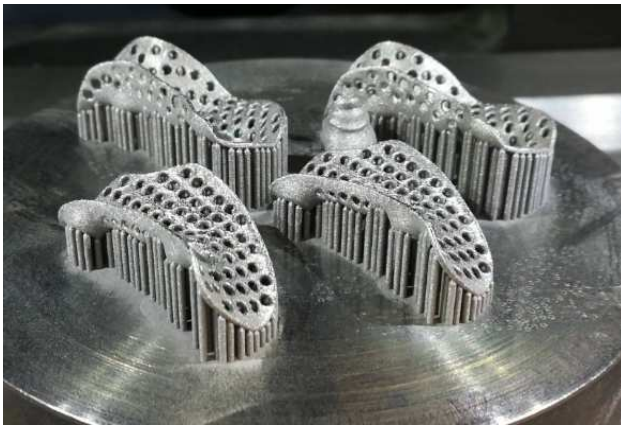


Figure 8: 3D printed subperiosteal implant with support material

The chosen redesigned geometry with external conical connection is visible in Fig. 9.

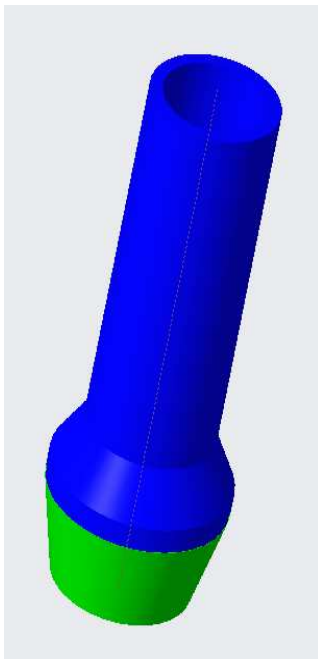


Figure 9: External conical connection geometry

The dimensions of the abutment and sleeve are shown in Fig. 10. These parts were machined from Grade 5 titanium alloy (Ti-6Al-4V).

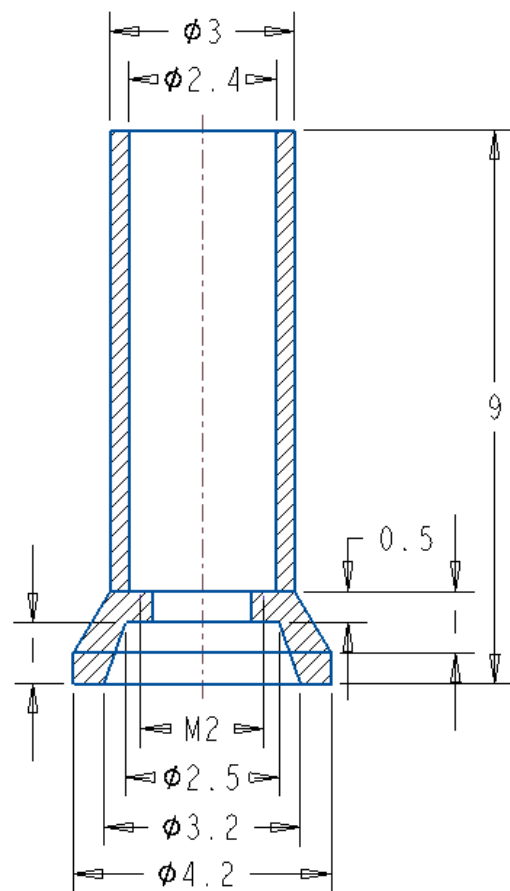
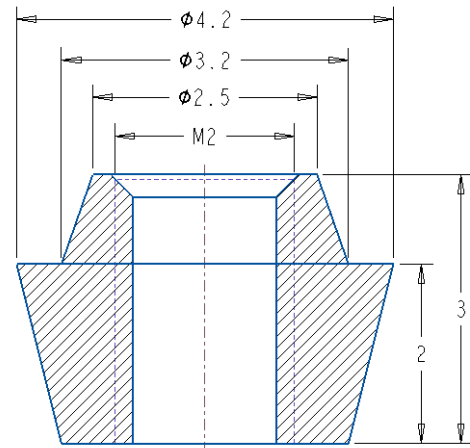


Figure 10: Sleeve and abutment

8 FINITE ELEMENT ANALYSIS OF GEOMETRIES WITH EXTERNAL AND INTERNAL CONICAL CONNECTION

Both variations were checked with finite element method after each design. First, our first solution is presented in Fig. 11 with internal connection.

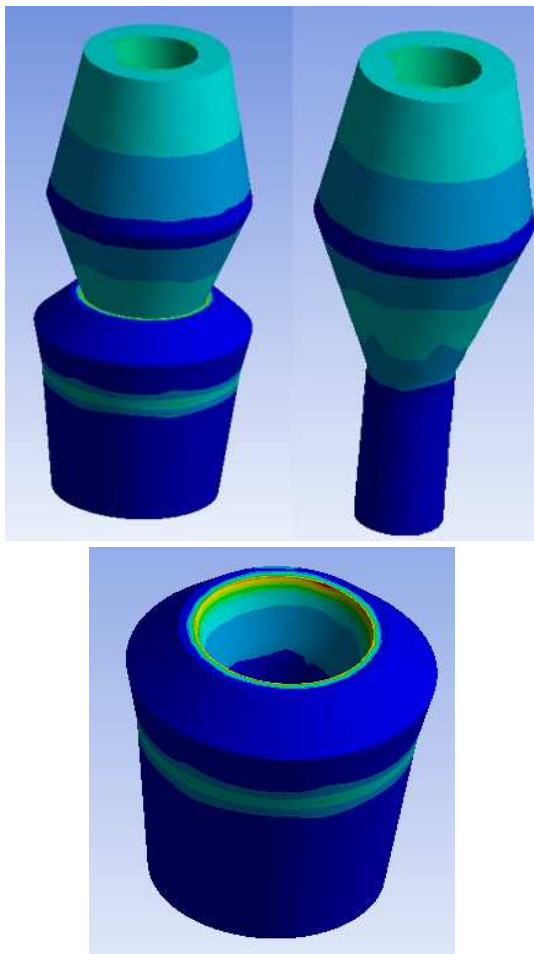


Figure 11: Finite element analysis of internal conical connection

This figure displays the conical surface at the internal connection with the highest stress levels; 275 MPa is the highest equivalent stress, which is distributed all around the upper edge of the cone. It can result in substantial displacement and the loosening of the screw. In the following (Fig. 12), results for the geometry with external conical connection are demonstrated.

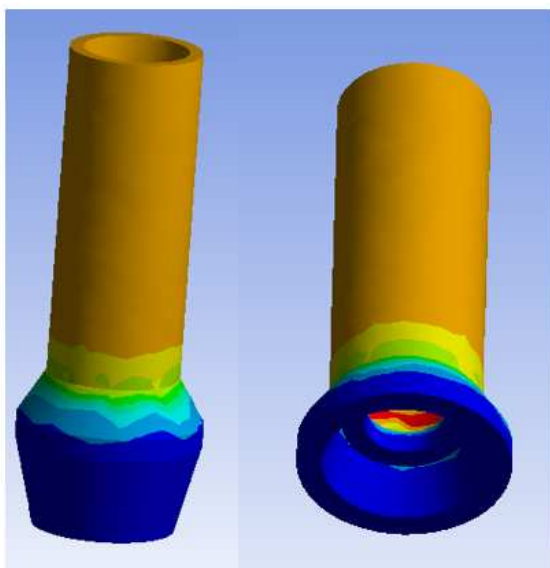


Figure 12: Finite element analysis of external conical connection

The highest stress levels in this case are at 240 MPa. However, in this case stress intensity will not cause screw loosening, so a higher mechanical stability can be achieved.

9 SUMMARY

We can experience a major development in modern-day implantology. Implant insertion is now considered as a routine procedure. The use of customised, patient-specific implants is also getting even more widespread. Thanks to individual implant design, different dentures are manufactured that fulfil the patient's needs and requirements. Manufacturing of these patient-specific implants is carried out with additive technological processes, which provide an opportunity for patients with insufficient bone volume for conventional cylindrical implant insertion. Different abutment designs, onto which dentures would be connected, were presented in this study. The abutment is connected directly to the sleeve that is fitted to the subperiosteal implant with micro-welding. In our study, the geometric design of the first variation of dual-phase implants together with the sleeve and abutment were presented. Later on, the recent, revised geometry was presented with the external conical connection of the sleeve and abutment. According to our latest research, this geometric design is appropriate. As may be expected, our studies are continued.

ACKNOWLEDGEMENT

„EFOP-3.6.1-16-2016-00017 Internationalization, initiatives to establish a new source of researchers and graduates, and development of knowledge and technological transfer as instruments of intelligent specializations at Szechenyi University”.

REFERENCES

- [1] Vajdovics, I. (2008). *Dentális implantológia – gyakorló fogorvosok részére. Budapest: Semmelweis Kiadó*
- [2] Forrai, J. (2016). Pierre Fauchard paradigma váltása a fogászatban, esettanulmány. *Művelődés-, Tudományos- és Orvostörténeti Folyóirat*, 6(10)
- [3] Nagy, P. (2018. december). *Implantátumok – Ötlettől a termékig.* Forrás: <http://att.bme.hu/oktatás/BMEGEPTAGA0/letoltes>
- [4] Reham, O. B., Swain M. V. (2015). A Critical Review of Dental Implant Materials with an Emphasis on Titanium versus Zirconia. *Materials Journal*, 8(3), 932-958.
- [5] Dallas R Trinkle Research Group. (2018). Titanium. University of Illinois, Department of Materials Science and Engineering. Forrás: <http://dtrinkle.matse.illinois.edu/dokuwiki/doku.php?id=research:ti>
- [6] Bhola, R., Bhola, S. M., Mishra, B., Olson, D. L. (2011). Corrosion on Titanium Dental Implants/Prostheses (Requirements). *Trends n Biomat. and Artif.* 25(1), 34-46.
- [7] Bozkaya, D., Müftü S.. (2003). Mechanics of the tapered interference fit in dental implants. *Journal of Biomechanics*, 26(11), 1649-1658.
- [8] Ekici, B. (2002). Numerical analysis of a dental implant system in three-dimension. *Advances in engineering Software*, 33(2), 109-113.
- [9] Tamás, P., Bojtos, A., Décei-Paróczy, A., Fekete, R. T. (2014). *Végeselem módszerek. Budapest, BME MOGI* http://www.mogi.bme.hu/TAMOP/vegeselem_modszerek/book.html
- [10] Guo-Hao, L., Hsun-liang, C., Hom-Lay, W. (2013). The significance of keratinized mucosa on implant health: a systematic review. *J Periodontol* 84(12), 1755-1767.

A felületképzés elemzése többirányú esztergáláskor

Analysis of surface formation in multi-directional turning

Farkas Gabriella, Sipos Sándor, Ráczai Viktor

Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépészmérnöki Kar, Budapest, Magyarország

farkas.gabriella@bgk.uni-obuda.hu

sipos.sandor@bgk.uni-obuda.hu

raczi.viktor@bgk.uni-obuda.hu

Összefoglalás

A gyártási gyakorlatban a fellépő erőhatások tervezése és a felületi érdesség előzetes meghatározása fontos követelmény a minőségbiztosítás szempontjából. A szokásos számító képletekkel azonban meglehetősen pontatlanul lehet előre jelezni az erőket. A valós érdesség előrejelzése még bonyolultabb feladat, ráadásul a szerszámok kopása a főbb paraméterek (pl. Rz) alakulását ellentmondásosan befolyásolja. Az utóbbi években megjelent, többirányú megmunkálást lehetővé tevő szerszámok forradalmasították az esztergálás szokásos paradigmáit. A nagyolásra és simításra szolgáló lapkákkal végzett tesztek többek között azt is bebizonyították, hogy a megszokott képletek helyett újakat kell bevezetni. Jelen tanulmány az eddigi vizsgálatok eredményeit összegzi, és javaslatot tesz a többirányban alkalmazható lapkák erőigényének, valamint az előállított felületek érdességének leírására, elemzésére és számítására.

Kulcsszavak: többirányú esztergálás, forgácsképződés, erőhatások, mikrogeometria

Abstract

In manufacturing practice, the calculation of the force components and preliminary determination of surface roughness is an important requirement for quality assurance. However, with the usual calculating formulas, the force components, developing during the machining, can be quite inaccurate. The prediction of surface smoothness is even more complicated, and the wear of tools has a controversial influence on the development of the main roughness parameters (eg. Rz). The tools of multi-directional machining, having appeared in the recent years, have revolutionized the usual paradigms of turning. Tests with roughing and finishing inserts have shown, among other things, that new formulas should be introduced instead of the generally used ones. In this paper, the result of the tests, carried out till now, will be summarised; furthermore, a proposal will be made on the description, analysis and calculation of force demand of multi-directional inserts as well as the roughness of the surface, being prepared during the machining.

Keywords: multi-directional turning, chip development, force effects, microgeometry

1 BEVEZETÉS

Gyorsabban, olcsóbban, pontosabban – ezzel a nem egyszerűen összeegyeztethető kihívással szembeül számos vállalat a napi tevékenysége során, akár néhány darabos, akár nagyszorosan gyártott terméket állítson elő. Mindenhol fokozódnak a méretpontossági és felületminőségi igények. Mindehhez társulnak és egyre szigorodnak a folyamatbiztonsággal kapcsolatos elvárások is. Az alkatrészgyártás nagyon sok területén, valamint az alakítószerszámok készítésekor jelentős mértékben meghatározza az előállított felület minősége (azaz hullámossága, érdessége és réteg tulajdonságai) a készített termék üzem közbeni viselkedését, karbantartási igényét és tartósságát. A megfelelő méret-, helyzet- és alaktűrések, továbbá a jól mérhető (kézben tartható) mikrogeometriai jellemzők fontos tényezői a minőségbiztosításnak. Különösen érvényes ez azokra a darabokra, amelyek – rendeltetésüknek megfelelően – összetett felületelemekből állnak. A többirányú esztergálást (MDT = multi-directional turning) az a törekvés jellemzi, hogy még a bonyolult alkatrész-konfigurációk is kevés szerszámtípus felhasználásával gyárthatók legyenek. Ha például a forgástestek hossz- és keresztirányú esztergálására elegendő egyetlen szerszám, akkor nem csak a CNC-esztergák kihasználása javul a beállítási és állásidők mérséklődésével, hanem a szükséges eszközök száma (vagyis a felszerszámozás költsége), sőt a szükséges szerszámcsere-idő is csökken [1].

2017 közepén a világ vezető szerszámgyártója – szinte forradalmasítva az esztergálást – teljesen újszerű konstrukcióval jelent meg [2]. Hosszesztergáláskor az új elven működő, PrimeTurning™ szerszámokat a következők jellemzik (a szögek jelölése ISO13399 szerinti [3]):

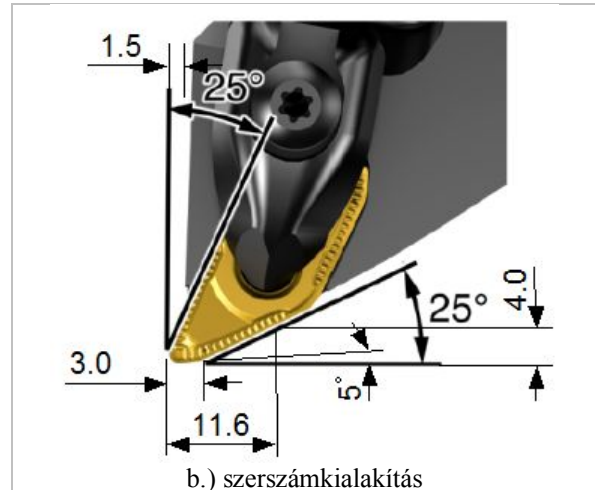
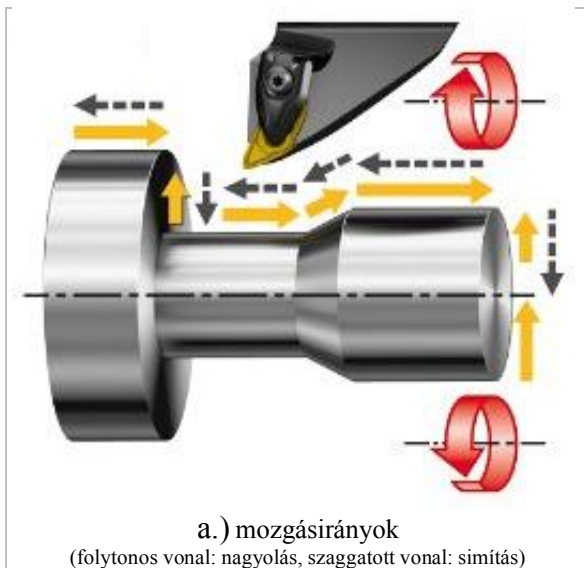
- nagyoláskor a tokmánytól a szegnyereg felé irányul az előtoló mozgás,

- mivel a szerszám főélszöge ilyenkor a szokásosnál sokkal kisebb ($KAPR \leq 30^\circ$), az előtolás a szokásos akár kétszerese is lehet. A mellékél ebben az esetben rendkívül nagy szöget zár be az esztergált felülettel (minor cutting edge angle - $MCEA > 90^\circ$)
- ugyanazon szerszámmal simítani is lehet, ekkor a megszokott esztergálási irányban (a tokmány felé) történik a megmunkálás. A főél szerepe természetesen felcserélődik ($KAPR \geq 90^\circ$), ezért az $MCEA \leq 30^\circ$.

Az új típusú szerszámmal történő nagyolás és simítás megváltoztatja a felületképzés jellegét. A szerszámél – munkadarab megváltozott érintkezése miatt nemcsak a forgácsleválasztás folyamata (forgácsképzés, erőhatások stb.) változik meg, hanem a szerszám kinematikai nyoma is módosul az esztergált felületen. A felsorolt jelenségeket még nem írják le szakirodalomban közölt számítóképletek, hátráltatva ezzel a szerszám széleskörű elterjedését. Jelen tanulmány a többirányban, eltérő feladatokra alkalmazható PrimeTurning™ szerszámok eddigi vizsgálati eredményeit összegzi, és javaslatot tesz a főbb jellemzők leírására, elemzésére és számítására is.

2 FELÜLETKÉPZÉS PRIMETURNING™ SZERSZÁMOKKAL

A Coro Turn Prime „B” típusú szerszámok elsősorban hossz- és keresztirányban végzett, illetőleg kis hajlásszögű alakos (elsősorban kúpos) felületek nagyolására szolgálnak.



1. ábra: A CoroTurn Prime „B” típusú szerszám alkalmazása

Az 1. ábra bal oldali része a leggyakoribb mozgásirányokat mutatja be: a nagyolási irányt folytonos, a simítási irányt szaggatott nyilak jelölik. Természetesen, a kétféle megmunkálási fajtánál a főorsó ellenkező irányban forog. A szerszám újszerű geometriája és az élek helyzetét jellemző szögek az 1/b. ábrán láthatók.

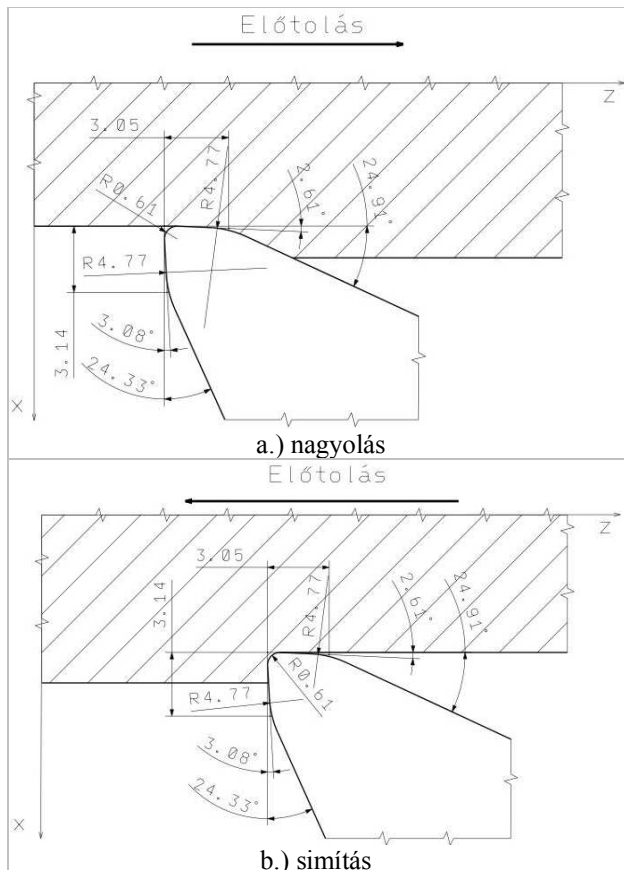
Az újszerű szerszám forgácsolási viselkedésének tanulmányozásához kísérletsorozatot hajtottunk végre egy CP-25BR-2525-11 jelű késtartó és a kompatibilis CP-B1108-M5 4325 jelzésű lapka alkalmazásával. A tesztekhez $\varnothing 60 \times 160$ mm méretű, tokmányoldalon befogócsappal, a szegnyereg felől pedig központfuron támasztott, 11SMn30+C anyagjelű, HB150 \pm 3 keménységű automata acél próbatesteket használtunk fel. A vizsgálatokat BNC1840 jelű (Dugard Eagle gyártmányú) CNC-esztergán végeztük. Hűtő-kenő-öblítő közeget nem alkalmaztunk.

Nagyoláshoz a gyártó az $a = 0,5 \dots 4$ mm fogásmélység és $f = 0,3 \dots 1,2$ mm előtolási értékeket, simításhoz pedig az $a = 0,5 \dots 3$ mm; $f = 0,2 \dots 0,6$ mm adatokat ajánlja. A gép korlátait figyelembe véve esztergálásnál állandó forgácsolósebességet ($v_c = 250$ m/min) és változó fogásmélységet ($a = 0,5 \dots 1,5$ mm) állítottunk be. Kísérlettervezés felhasználásával tízféle beállítással esztergáltunk: a fogásmélységet három, az előtolást pedig négy szinten változtattuk úgy, hogy nagyoláskor az előtolás $f = 0,3 \dots 1,2$ mm, simításkor pedig $0,2 \dots 0,6$ mm határok között mozgott. Ezek közel kétszeres értékek a szokásos kialakítású szerszámokhoz képest, ami nagyfokú termelékenységnövekedéssel jár. Ez különösen az autóiipari divízióban jelent előnyt, hiszen a nagyszériás termelésnél minden megtakarított másodpercnek jelentősége van.

2.1 Forgácsképződési sajátosságok

A CP-B1108 jelű lapka sajátosságai az éleket alkotó kontúr pontjainak megfelelő sűrűségű (pl. 1 μ m-es) letapogatásából és modellezéséből derülnek ki. A lapkákat 50-szeres nagyítás mellett vizsgáltuk, a lapka

körvonalára állva rögzítettük az adott élponthoz tartozó x-y értékeket. A felvételezést Mitutoyo PJ-H3000F típusú profilprojektor segítségével végeztük el, a pontok mérési pontatlansága maximum $\pm 1 \mu\text{m}$ volt. A kapott koordinátaadatokat a Mitutoyo N-COSMOS 2.4-es verziójú szoftver segítségével dolgoztuk fel. A pontos szerszámgeometria meghatározására a Catia P3 V5R21-es verziójú CAD-CAM szoftvert használtuk, a szerszám tényleges élszögeit és egyéb vonatkoztatási adatait a mért pontok összekötésével állapítottuk meg. Megjegyezzük, hogy az ismertetőkből (prospektus, ppt) szereplő, előzetesen megadott értékektől eltéréseket tapasztaltunk.



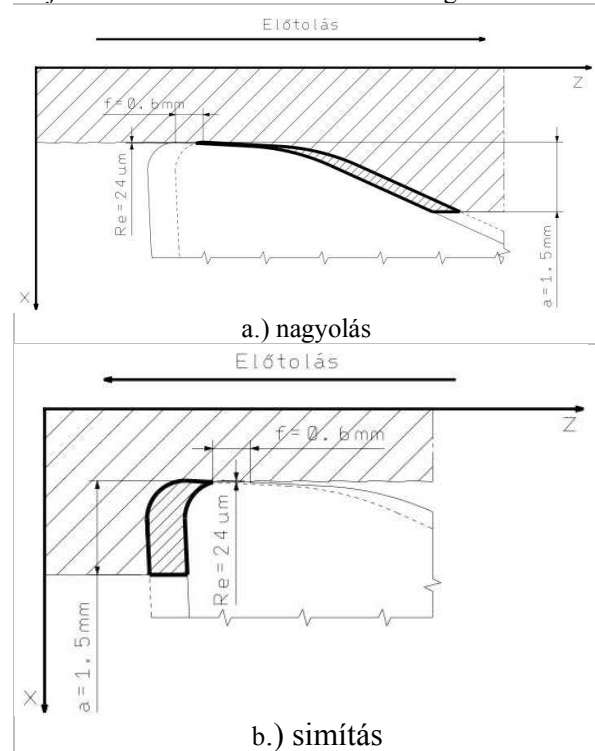
2. ábra: A Coro Turn Prime „B” szerszám különböző felhasználásai

A szerszám élgeometriai azonossága – az előtolás irányának megváltozása miatt – nem kizárólag az élék helyzetét és funkcióját változtatja meg, de befolyásolja a forgácsleválasztás teljes folyamatát (forgácsalak és -méret, erőhatások, a keletkező felület érdességi profilja stb.) is. A nagyolás és simítás közötti különbségeket a 2. ábra mutatja.

Nagyoláskor (2/a. ábra) a lapka teljesen egyedi élkialakítású: a főél két különböző (25° és 5°) élszögű részből áll, melyet egy nagyméretű rádiusz köt össze. A hagyományos értelemben vett csúcsgugár szintén kétféle élszögű mellékélben folytatódik. Méréseink szerint a ténylegesen forgácsolást végző csúcsgugár EPSR $\approx 84^\circ$, a lapka teljes csúcsguge 40° , a csúcsgugár pedig REPS $\approx 0,6 \text{ mm}$. Ezek a sajátosságok

meghatározóak a leválasztás szempontjából, mert a képződő forgács vastagsága nagyon kicsiny, ennek megfelelően viszont nagy a szélessége.

Az ellentétes előtolási irány miatt simításkor a szerszám élei felcserélődnek (2/b. ábra) és úgy működnek, mint egy hagyományos, ISO-kialakítású, CNMG kialakításba „oltott” VNMG jelzésű lapkageometria. Ennek az a következménye, hogy a főélszög KAPR $\approx 93^\circ$, a mellékél szöge MCEA $\approx 2,5^\circ$, míg a csúcsgugár értéke természetesen változatlan marad. Ennek következtében a keletkezett forgács alakja nem tér el az ISO-kialakításnál megszokottól.



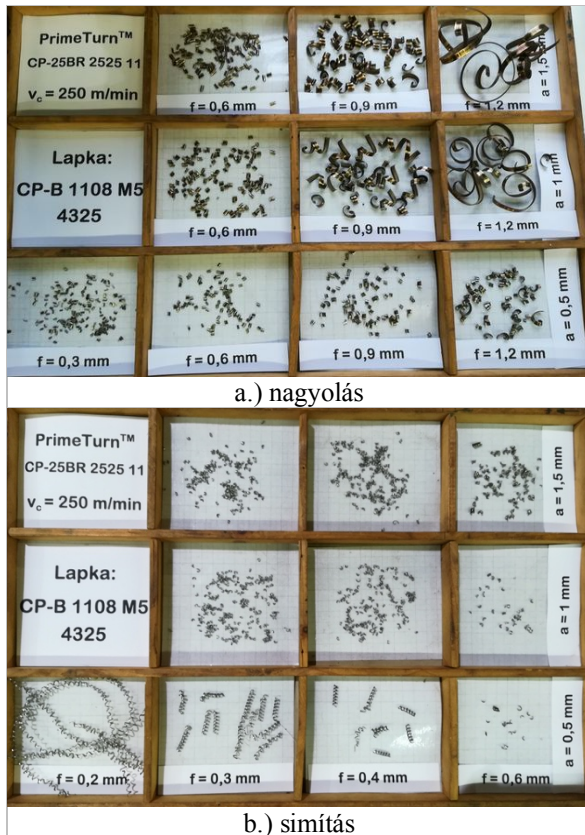
3. ábra: A „B” szerszám által leválasztott forgácskeresztmetszetek

A 3. ábrán a forgácskeresztmetszetek lényegesen eltérő alakja látható a kétféle előtolási irány figyelembe vételével. A CAD-es rajzokból az is kiderül, mennyire más jellegű – ugyanazon előtolásokat alkalmazva – a leválasztási folyamat: a nagyoláskor leváló anyag sokkal inkább hajlamos folyó forgácsként leválni, míg simításkor sokkal zömökebb, az osztásra és a törésre jobban reagáló, szétszóródó forgácsok távoznak.

A leválasztott forgácsok tablóját a 4. ábra szemlélteti. A nagyolási körülmények között vizsgált forgácskeresztmetszet nagyon széles, $0,15 \dots 1,8 \text{ mm}^2$ tartományban változott. A 4/a. ábra azt mutatja, hogy tízből nyolc esetben kedvező, tört forgács kapható, ám a legnagyobb előtolás ($f = 1,2 \text{ mm}$) és növelt fogásmélység ($a \geq 1 \text{ mm}$) beállításakor veszélyesen tekeredő, gubancos forgács keletkezett.

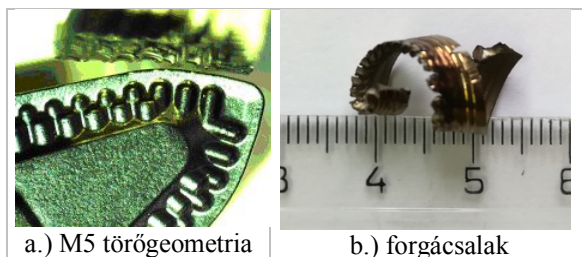
A simításkor leválasztott forgácsok (4/b. ábra) vizsgálata egészen más eredményeket mutatott. Bár a forgácsolósebesség és a fogásmélység a nagyoláskor alkalmazottnak felelt meg, az előtolás nagy arányú

csökkentésével a forgácskeresztmetszet 0,1...0,9 mm² határok között volt. Kedvezőtlen forgácsalak csak a legkisebb fogásmélység és kis előtolások beállításakor keletkezett, egyébként az M5 törőgeometria simításkor is nagyon hatékonyan darabolta a forgácsokat.



4. ábra: A különböző üzemmódok forgácstáblói

A forgács feldarabolásának kedvező hatékonyságát a „B” lapka homlokfelületének egyedi kialakítása okozza, az M5 jelzésű forgácstörő osztógeometria alakzata (5. ábra) ugyanis belenyomódik a forgácsba és pótlólagos alakváltozásra, azaz a forgács szélesség csökkenésére kényszeríti az éppen leváló anyagot.



5. ábra. Az M5 törőgeometriájú lapka és a leváló forgács
Körülmények: v_c=250 m/min; a=1,5 mm; f=1,2 mm

2.2 Forgácsolási erőhatások

Az esztergáláskor fellépő F_c, F_r és F_p erőkomponenseket KISTLER 9021A típusú erőmérővel mértük és Dynoware szoftverrel értékeltük ki. A leválasztást végző aktív összetevőkhöz az F_c forgácsolóerő és az előtolás irányában ébredő F_r

erőhatás tartozik [4]. Az átlagos erő matematikai leírására az elterjedten használt

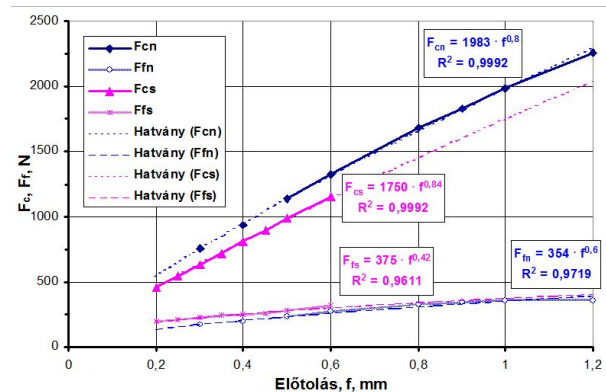
$$F_i = C_{Fi} \cdot a^{y_{Fi}} \cdot f^{x_{Fi}} \quad [N] \quad (1)$$

hatványfüggvény-modell alkalmas. Az erőösszetevőket jellemző, kétfaktoros regresszióval kiszámolt konstansok (C_{Fi}) és megfelelő kitevők (x_{Fi}, y_{Fi}) értékeiről más publikációban már beszámoltunk [1].

A nagyoláskor és simításkor fellépő erőket – célszerűségi okokból – v_c = 250 m/min sebességen és a = 1,5 mm fogásmélységen hasonlítottuk össze, ezért a hatványfüggvény-modell a következő alakban írható fel:

$$F_{jk} = C_{Fjk} \cdot f^{x_{Fjk}} \quad [N] \quad (2)$$

ahol a „j” index az erőkomponensre, a „k” index pedig a nagyolásra vagy simításra utal. A modellek szorossága azt jelzi, hogy a mért és számított értékek eltérése igen csekély.

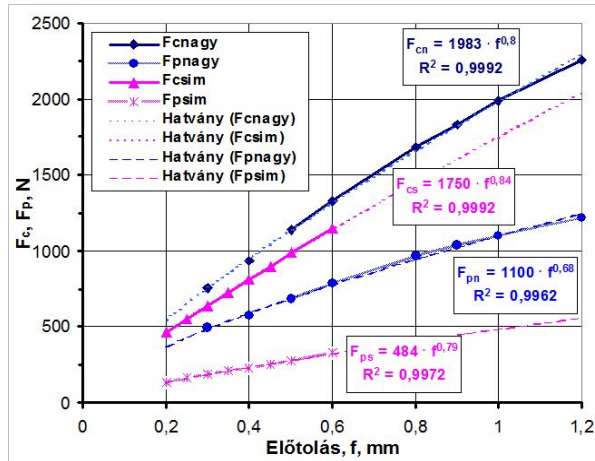


6. ábra: Az aktív erőkomponensek alakulása
Mégmunkálási körülmények: a=1,5 mm; v_c=250 m/min

A 6. ábrán jól látható, hogy – ugyanolyan előtolás beállítása mellett – a nagyoláskor ébredő forgácsolóerő átlagosan kb. 10%-kal nagyobb, mint a simításnál fellépő. Ennek magyarázata a forgács alakjában keresendő: a nagyoláskor leváló forgács szélesség a szerszámél-munkadarab elnyújtott érintkezésével függ össze, a kis forgácsvastagság pedig a fajlagos forgácsolóerő lényeges növekedését eredményezi. Tesztjeinkből az is kiderült, hogy a növelt (f ≥ 0,9 mm) előtolású nagyolás már jelentős P_c forgácsolási teljesítményt igényel. Más okra vezethető vissza az előtolási erőkomponens (F_r) mért (és egyfaktoros hatványfüggvénnyel modellezett) értéksorozata. Simításkor a szerszám nagy főélszöggel forgácsol (lásd 3/b. ábra), ami – az elmélettel teljes mértékben megegyezően – megnövekedett erőhatást vált ki. Ezzel szemben nagyoláskor a kis értékű főélszög kisebb F_r erőhatást igényel.

Az egyazon szerszámmal végzett nagyolást és simítást az esztergált felület pontossága szempontjából is össze kell vetni. A munkadarab méretviszonyaitól

függően a forgácsoláskor fellépő erőhatások méret-és/vagy alakhibát okoznak. A legnagyobb összetevő a forgácsolóerő, amely másodrendű hibát okoz, viszont a fogásmélység irányába fellépő F_p passzív erőkomponens elsőrendű hibához vezet(het). Viszonylag kis átmérőjű, karcsú tengelyek esztergáláskor jellegzetes tengelymetszeti alakhiba a „hordósság”.



7. ábra: Az F_c és F_p erőkomponensek alakulása
Mégmunkálási körülmények: $a=1,5$ mm; $v_c=250$ m/min

A 7. ábra nagyolás és simítás esetén a passzív erőhatást szemlélteti, az ébredő F_c forgácsolóerőt csak összehasonlításképpen tüntettük fel. A szokatlanul kis főélszög következtében nagyoláskor az F_p fele-kétharmada az F_c -nek, ezért az $l/d=2,5$ karcsúsági arányú tesztarabokon jelentős, akár néhány századmilliméteres alakhiba is keletkezhet [1]. Simításkor az élek felcserélődnek, ezáltal az élszögek megváltoznak, ennek hatására a passzív erő lecsökken (mindössze 30%-a a forgácsolóerőnek), ezért a keletkező alakhiba nem számottevő.

3 MIKROGEOETRIAI SAJÁTOSSÁGOK

Ebben a cikkben nem térünk ki a rétegtulajdonság egyes elemeire, csak az esztergált felület minőségének mikrogeometriai jellemzőit ismertetjük. A „B” típusú szerszámmal esztergált felület (szűrt profiljának) W_t hullámossági értékeinek alakulását az [1] irodalom tartalmazza, ezért anyagunkban a nagyoláskor és a simításkor kialakuló felületi profil érdességének elemzésével foglalkozunk.

A vizsgálatokat Perthometer PRK Concept-2D, 3D felületvizsgáló nagyműszeren végeztük. Minden adatbeállításról három-három érdességi profilt vettünk fel, a jellemző érdességi paraméterek MarSurf XCR-20 szoftverrel határoztuk meg, ezért a következő diagramok átlagos értékeket tartalmaznak. A méréskor Mahr-gyártmányú, 90° -os kúpszögű, 2 μ m csúcsgarú tapintót használtunk és az alábbi mérési alapbeállításokat alkalmaztuk: vontatási hossz (L_t) 5,60 mm, a szűrés határhullámhossz (cut-off) $L_c=0,8$ mm, a kiértékelési szakasz (L_m) 4,00 mm, a beállított vontatási sebesség pedig 0,10 mm/s.

3.1 A „szokásos” érdességi paraméterek alakulása

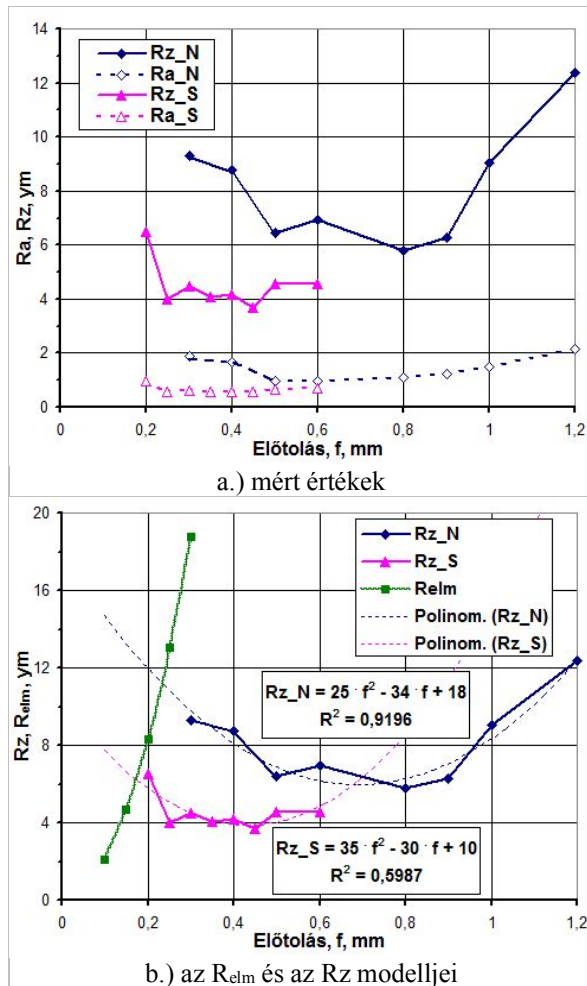
A hazai gyakorlatban a megmunkált felületek jellemzése általában az érdesség magassági paramétereivel, főleg az átlagos érdesség (R_a) és az egyenetlenség-magasság (R_z) megadásával történik. Bár az R_a jóval elterjedtebb (mert a felület különböző mérési szakaszain közel állandó értékű is lehet), azonban nem tudja megmutatni az egyes felületi profilok közötti jellegzetes (és akár lényegesnek mutakozó) különbségeket [5, 6]. Előfordulhat, hogy a mért felületek azonos átlagos érdességűek, azonban elfedi a felületi profilok közötti jellegzetes különbözőségeket. Könnyen megeshet tehát, hogy egy mért felület azonos átlagos érdességű, azonban akár a maximális érdesség (R_t), akár az R_z érték nagy eltéréseket mutat. Vizsgálatainkat ezért inkább az érdességi profil jellemzőit jobban kifejezni képes egyenetlenség-magasság elemzésére koncentráltuk. Bár ezen paramétert egyre elterjedtebben használják az autó- és repülőgépgyártók beszállítói szegmensében, illetve a formaszerszám-gyártásban, általános elterjedését nehezíti, hogy kétféle értelmezése (R_z „ten point height” és az R_{zISO}) is elterjedt [7]. Megjegyezzük, hogy jelen dolgozatban az R_z értékeket használjuk mérőszámként.

A nagyolás és a simítás esetén mért R_z és R_a értékeket a 8. ábra mutatja. Jól megfigyelhető, hogy a mért átlagos érdesség a beállított előtolás függvényében csekély eltérést mutat (8/a. ábra) és simításkor rendre $R_a < 1$ μ m értékek állíthatók elő. Ezzel szemben az egyenetlenség-magasság – főként nagyoláskor – széles értéktartományban ingadozik. Az R_z diagramvonalainak alakulásából az is kitűnik, hogy a „B” jelű szerszámmal esztergálva mind nagyoláskor, mind pedig simításkor meglepően széles optimális előtolástartományok határozhatók meg, amelyek beállításakor minimális érdesség érhető el. Ennek oka a szerszámél speciális kialakításában keresendő.

Megállapítható továbbá az is, hogy a „B” típusú szerszámmal esztergálva az R_z méréssel meghatározott adatai nem hozhatók kapcsolatba sem az $R_{elm} \approx 125 \cdot f^2 / REPS$ [μ m] alakú, Bauer-féle elméleti érdességgel, sem pedig a Brammertz-képlettel kiszámolt (egyébként nagyobb) értékekkel. Az általunk már korábban [1] javasolt

$$R_z = A \cdot f^2 + B \cdot f + C \quad [\mu\text{m}] \quad (3)$$

alakú érdességmodell a 8/b. ábrán látható, amelyen feltüntettük az R_{elm} számított adatait is. A (3) képlet lineáris tagja ($B \cdot f$) azt a forgácsoláselméleti tényt fejezi ki, hogy egyes esetekben az esztergált felületi profil kialakításában nem csak az REPS csúcsgarúnak, hanem a MCEA szög által meghatározott mellékélnek is fontos szerepe van.



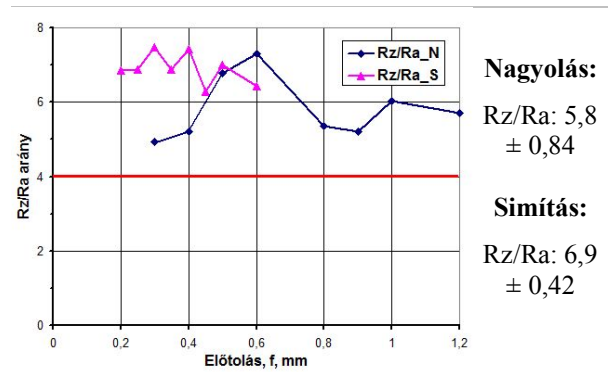
8. ábra: Az érdességi jellemzők alakulása
Mégmunkálási körülmények: $a=1,5$ mm; $v_c=250$ m/min

Nagyoláskor igen szoros kapcsolat figyelhető meg a mért Rz és a modellel számítható érdességadatok között. Simításkor ez a függvénykapcsolat gyengébb korrelációt mutat, azonban az egyenetlenség-magasság – a beállított előtolástól szinte teljesen függetlenül – kedvezően kis értékekkel jellemezhető. A modell konstansáiból kiszámítható ($f_{opt} = \frac{-B}{2 \cdot A}$) a legkedvezőbb előtolási érték, amely nagyoláskor $f=0,67$ mm, simításkor pedig $f=0,43$ mm.

Az alkatrészrajzokon többnyire csak egyetlen (Ra vagy Rz) paramétert használnak az esztergált felületek érdességének jellemzésére. Az Rz-Ra közötti átszámításra az elmúlt hat évtizedben az $Rz = 4 \times Ra$ közelítés szolgált szakmai alapul. Ez az arány azonban korlátozott érvényességű és csak nagyolási körülmények között elfogadható, nem alkalmazható simítási és finomesztergálási körülményekre [7].

A „B” lapkával végrehajtott tesztvizsgálatok eredményeit a 9. ábra szemlélteti. A diagramon látható, hogy mindkét irányban végzett esztergálásnál és minden előtolásérték beállításakor négynél lényegesen nagyobb az Rz/Ra viszonyszám. Különösen meglepő,

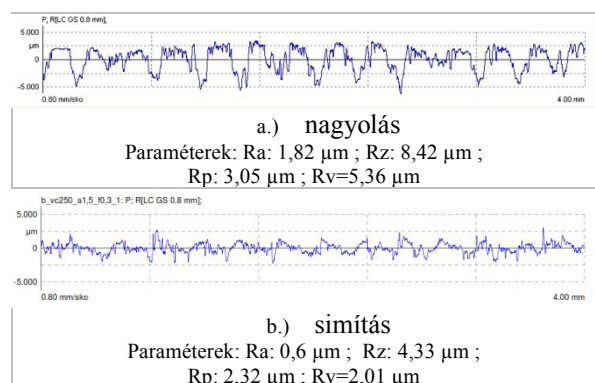
hogy nagyolási ($f > 0,3$ mm) üzemmódot választva is a misztikus „4” szorzószámot meghaladó az arány. Ez szintén a szerszámél speciális kialakításának a következménye.



9. ábra: Az Rz/Ra arány alakulása
Mégmunkálási körülmények: $a=1,5$ mm; $v_c=250$ m/min

3.2 Az érdességi profil részletes vizsgálata

Az Rz egyenetlenség-magasság paramétere szoros összefüggésben van két másik, ugyancsak magasságirányú paraméterrel. A regisztrált érdességi profil maximális csúcsmagasságát (R_p) legmagasabb kiemelkedések átlagos ordinátaértékeiből kapjuk, a kiértékelési hossz figyelembevételével. Hasonló módon határozható meg a maximális völgymélység (R_v) is, amely a legnagyobb bemélyedések átlagértékét adja meg. Mindkét jellemző jól megfigyelhető a 10. ábrán, amely két, eltérő körülmények között előállított felület profilképét tartalmazza. Bár az előtolás értéke azonos ($f=0,3$ mm) volt nagyoláskor és simításkor, azonban az érdességi adatok mindegyike nagy eltéréseket mutat: az átlagos érdességben háromszoros, az egyenetlenség-magasságban közel kétszeres értékeket mértünk nagyoláskor.



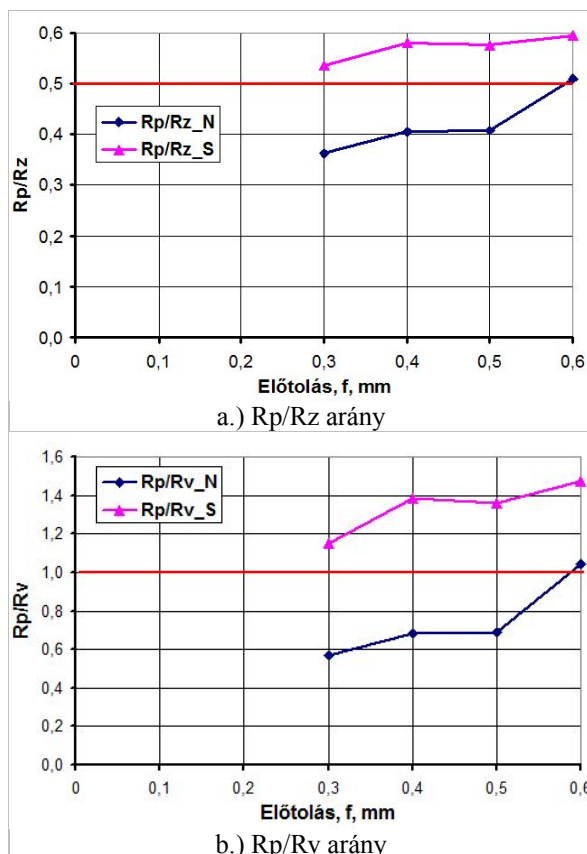
10. ábra: Érdességi profilok nagyoláskor és simításkor
Mégmunkálási körülmények: $a=1,5$ mm; $f=0,3$ mm; $v_c=250$ m/min

A felületek érintkezéséről, kopási és kenési tulajdonságairól, valamint a működés közbeni viselkedéséről – egyéb paraméterek mellett – az érdességi profil középvonal körüli eloszlásból következtethetünk. A mély völgyeket (R_v =nagy) tartalmazó profilok kenőanyagátároló képességükkel

tűnnek ki, a jelentős kiemelkedéseket mutató felületek (R_p =nagy) pedig hajlamosabbak a gyors kopásra [8].

A műszaki gyakorlatban a megmunkált felületek jövőbeni viselkedését két aránypárral szokás jellemezni. Az egyik az R_p/R_z hányados értéke. Ha a csúcsmagasság és egyenetlenség-magasság aránya 0,5-nél nagyobb, akkor a csúcszóna „tűszerű”, ezért kopásra hajlamosabb. Az előállított profil sokkal kedvezőbb, ha $R_p/R_z < 0,5$, mert a felület lekerekítettebb, azaz anyaggal telítettebb. A másik arány a csúcsmagasság/völgymélység viszonyozsága (R_p/R_v). Szimmetrikus az érdességi profil, ha az $R_p/R_v \approx 1$, ha az arány kisebb, mint egy, a felület „plátószerű”, esetleg nagy bevágásokat, mélyedéseket tartalmazó (10/a. ábra), ha pedig egynél nagyobb, akkor a felületet kimagasló érdességi csúcsok jellemzik (10/b. ábra).

Külön megvizsgáltuk ezért az $f=0,2...0,6$ mm előtolástartományt, amelyet mind nagyolásra, mind simításra fel tudunk használni. A fentebb tárgyalt arányokat az előtolás függvényében a 11. ábra mutatja be.



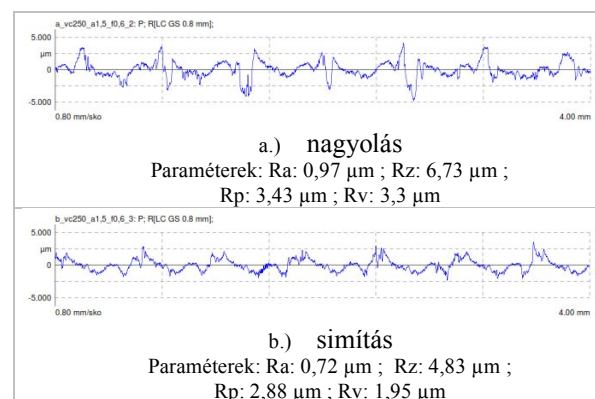
11. ábra: Érdességi paraméterek arányai
Megmunkálási körülmények: $a=1,5$ mm; $v_c=250$ m/min

A „B” lapkával végrehajtott esztergálás meglepő eredményeket hozott a paraméterarányok szempontjából. Kis ($f=0,3$ mm) előtolással végzett nagyoláskor ugyanis a felület anyaggal telített (11/a. ábra), sőt plátószerű profilrészletekből tevődik össze (10/a. ábra). Ezzel szemben a simító ($f=0,3...0,6$ mm)

üzem módban az $R_p/R_z > 0,5$, illetve az $R_p/R_v > 1$, ami a tűszerűen kimagasló csúcsokból álló felület jellemzője.

A 12. ábra a legnagyobb simítási előtolásnál ($f=0,6$ mm) szemlélteti az érdességi profil alakulását, egyszerre mindkét fokozat esetén. A nagyolásra és simításra kapott regisztrátumok azt jól mutatják, hogy

- bár az átlagos érdességértékek csekély eltérést mutatnak (nagyoláskor például meglepően kedvező érdesség mérhető), a felvett profilgörbék azonban más jellegű („viselkedésű”) felületről tanúskodnak,
- mindkét felületre inkább a kiugró magasságcsúcsok jellemzőek ($R_p > R_v$),



12. ábra: Érdességi profil nagyoláskor és simítás esetén
Megmunkálási körülmények: $a=1,5$ mm; $f=0,6$ mm; $v_c=250$ m/min

- az érdességi paraméterek aránya ($R_z/R_a=6,9$; $R_p/R_z=0,51$; $R_p/R_v=1,04$) arra enged következtetni, hogy nagyoló előtolási irányban esztergálva közel szimmetrikus profilú (R_p/R_z és R_p/R_v), de mégis simított felület (R_z , R_a , R_z/R_a) kapható,
- ugyanezen arányszámok alakulása simításkor ($R_z/R_a=6,7$; $R_p/R_z=0,6$; $R_p/R_v=1,48$) viszont arra utal, hogy az esztergált felület – jellemzően – tűszerűen kiálló csúcsokat tartalmaz.

A felületi profil alaposabb elemzésekor az derül ki, hogy nem elegendő csak egy-két előírt érdességi paraméterre figyelni, de a kiértékelésbe olyan jellemzőket is be kell vonni, amelyekből következtetni lehet az esztergált alkatrész jövőbeni működésére. Különösen igaz ez a forradalmian új „B” szerszámra, amelynek alkalmazhatóságával kapcsolatban csak igen kevés a felhasználók számára rendelkezésre álló ismeretanyag és/vagy tapasztalat.

3.3 Egyéb érdességi paraméterek

Az előzőekben vizsgált paraméterek (R_a , R_z , R_p , R_v) az érdességi profil magasság- (vagy más szóval amplitúdó-) irányú jellemzésére voltak alkalmasak. A különböző megmunkálásokkal létrehozott érdességi alakzatról további információkat szolgáltatnak még a

hosszirányú (pl. RSm – egyenetlenségek közepes osztása) és hibrid (pl. Rdq – a profil hajlásának négyzetes középértéke) paraméterek, valamint az eljárás ún. topológiai térképe és a teherviselő anyaghányad (pl. hordozóhossz) alakulása.

A **topológiai térkép** egy Rsk - Rku sikon ábrázolt pontsor, amely a különböző beállítások mellett készített felületszakasz egyidejűleg mért magassági adatainak statisztikai jellemzésére szolgál és a ferdeség (skewness, Rsk), valamint a lapultság (kurtosis, Rku) értékét adja meg [9]. A ferdeség a harmadrendű centrális nyomatéka a profil amplitúdó eloszlásának (a profil középvonalához képest), jelzi a profil „telítettségének” mértékét és a következő módon számolható:

$$Rsk = \frac{1}{Rq^3} \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i)^3 \quad (4)$$

Amennyiben normál eloszlású a felületi profil, akkor Rsk = 0. Ha a mért profil völgyei mélyebbek a csúcsok nagyságnál, akkor a felület negatív ferdeségű (Rsk < 0), míg ellenkező esetben a csúcsok nagyobbak a völgyek mélységeinél, tehát a ferdeség pozitív. A másik statisztikai paraméter a kurtosis (Rku), a profil amplitúdóeloszlásának negyedrendű centrális nyomatéka és a profil „élességét” méri. Számítása a következő:

$$Rku = \frac{1}{Rq^4} \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i)^4 \quad (5)$$

Normális eloszlás esetén az Rku = 3. Ha 3-nál nagyobb, akkor a felület „hegyes”, ha pedig Rku < 3, akkor a megmunkált profil „tompá”.

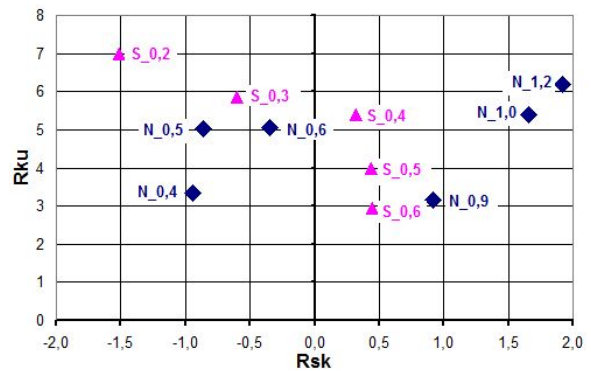
Tekintettel arra, hogy az Rq jellemzőtől (simasági mérőszám: a profil magasságtérzéseinek négyzetes középértéke) szó szerint hatványozottan függ mindkét paraméter, ezért minden kiugró amplitúdóérték (felületi karc és/vagy mikrofrakódás) jelentősen befolyásolja a (4) és az (5) képletekkel kiszámolt paramétereket. Bármilyen megmunkálással készített felület topológiai térképéről az alábbiak olvashatók le:

- minél inkább balra (azaz a negatív tartományban) és lejjebb helyezkedik el a mért felület textúrájának Rsk-Rku paraméterpárosa, annál kedvezőbbek a működés közben megfigyelhető tulajdonságai, hiszen az észlelt profilon a völgyek (Rv) a meghatározóak, miközben az egyenetlenségek nagy kiemelkedéseket nem tartalmazva a profil „platószerű” részletekből áll,
- minél jobbra és feljebb van az Rsk-Rku koordinátarendszerben ábrázolt pont, várhatóan annál kedvezőtlenebbek a felület működésbeli tulajdonságai, azaz a profil nem kellően telített és a profilt döntően a kiemelkedések jellemzik,
- az egyes eljárásváltozatok (marás, köszörülés, vízugaras vágás, szikraforgácsolás stb.) szerfelett

különböző tartományokba eső értékeket produkálnak. A különböző megmunkálások vonatkozásában már mi magunk is sok koherens vizsgálati eredménnyel rendelkezünk, amelyet – terjedelmi okok miatt – itt nem ismertethetünk.

Az esztergálás különböző fokozataival az f=0,2...1,2 mm előtolástartományban készített felületek topológiai térképét a 13. ábra mutatja be. A nagyolás és simítás előtolási értékeit is tartalmazó diagramról a következő sajátosságok olvashatók le:

- a kis előtolásoknál a nagyolást negatív ferdeségi értékek jellemzik, ezért a megmunkált felületi textúra jó teherviselő képességű (lásd 10/a. ábra). Az egyre növekvő előtolásoknál az esztergált profil jellege megváltozik, a platószerű részek helyett hegyes csúcsokból álló, kedvezőtlen profilok jelennek meg,



13. ábra: A „B” szerszámmal végzett esztergálás topológiai térképe

- ugyanazon szerszámmal végzett kis előtolású simításkor még negatív ferdeségű, de hegyes profilokat mérhetünk. Bár növelt előtolásokon már pozitív Rsk értékeket regisztráltunk, azonban a profilok egyre inkább a normális eloszláshoz (Rku=3) közelítenek,
- az esztergálás iránya (a szerszámélek szerepének felcserélődése), valamint a nagyolási és simítási előtolási értékek beállítása miatt a „B” szerszámmal esztergált felületek profiljai között kimutatható különbségek vannak, ezért a topológiai térkép alkalmas eszköz lehet ezen különbségek feltárására, elemzésére és tudatos használatára.

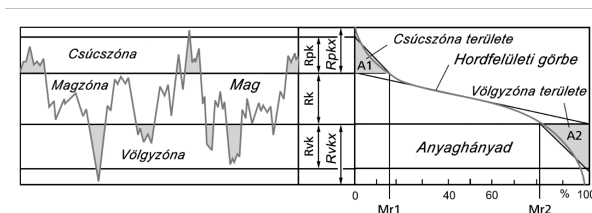
Az ISO 13565 szabvány tartalmazza a *hordfelületi görbe* jellemzőit (14. ábra), amelynek alakja és szokásos paraméterei szintén a napi használatból és a felület jövőbeni viselkedésével áll kapcsolatban. Az Abbott-Firestone görbe (14/a. ábra) három szakaszból tevődik össze. A 0% (maga a felület felszíne), illetve 100% (érdességet már nem tartalmazó anyagréz) között a különböző magasságirányú metszések csúcs-, mag-, és völgyzónára osztják az AFC-diagramot.

Az AFC-görbe egyenletes hordképességű szakaszát magzónának nevezzük, ami a megmunkált (pl. esztergált) felület tartós (kopási) viselkedéséért felelős. Jellemző paramétere a zóna magassága (R_k), amelyet a magzóna legkisebb meredekségű szakaszának két, egymástól 40%-nyi távolságban lévő pontja határoz meg. Megjegyezzük, hogy a 14/a. ábrán az A1 terület a bejáródás során lekopó érdességsúcscokat jellemzi, míg az A2 rész a völgyek üres, kenőanyag befogadásra alkalmas tartományát jelöli ki.

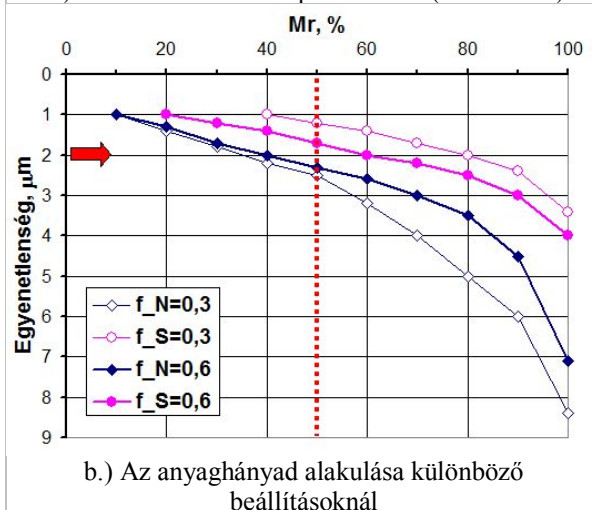
Ugyanazt a lapkát felhasználva például $f=0,3$ mm és $f=0,6$ mm előtolásoknál, a hordfelület jellege lényegesen eltérő nagyoláskor vagy simításkor. A „B” szerszámmal esztergált felületek hordfelületi jellegzetességeit a 14/b. ábra szemlélteti.

A kapott diagram elemzésekor a következő megállapítások tehetők:

- a legkedvezőbb eloszlást természetesen a simítási üzemmódban dolgozó lapka produkálja: a felülettől mérve $2\ \mu\text{m}$ „mélységben” $f=0,3$ mm előtolásnál 80% az anyaghányad, de az arány még 60% akkor is, ha a simítást $f=0,6$ mm beállításával végezzük. Megjegyezzük, hogy egy hagyományos kialakítású lapkánál az utóbbi érték már nem nevezhető simításnak,
- nagyoláskor ($f=0,3$ és $0,6$ mm) a hordfelületi arány lecsökken 35-40%-ra,
- diagramba bejelölt 50%-os anyaghányad – az alkalmazott előtolások és forgácsolási üzemmódok függvényében – $1,5\dots 2,5\ \mu\text{m}$ egyenetlenségnél érhető el.



a.) AFC értelmezése és paraméterei (ISO 13565)



b.) Az anyaghányad alakulása különböző beállításoknál

14. ábra: A „B” szerszámmal végzett esztergálás hordfelületi jellege

Az elvégzett kísérletek szerint a hordozóhossz és a relatív anyaghányad alakulása alkalmas eszköz lehet a „B” szerszámmal esztergált felületek közötti különbségek feltárására, elemzésére és tudatos használatára.

4 ÖSSZEFOGLALÁS

A jelentős innovációval fejlesztett és/vagy új elveken működő szerszámok csak akkor terjedhetnek el igazán, ha a piacra kerülésüket számos ipari kísérleti eredmény támasztja alá. Különösen igaz ez a forradalmian új „B” szerszámra, amelynek alkalmazhatóságával kapcsolatban korlátozott a felhasználók számára rendelkezésre álló ismeretanyag és tapasztalat. Jelen cikkben azokat a sajátosságokat elemeztük, amelyek a kétféle (balra vagy jobbra) előtolási irányban kétfajta (nagyolás vagy simítás) üzemmódu, többirányú hosszesztergálás felületképzését jellemzik.

Mérésekkel kimutattuk, hogy (a sajátos szerszámgeometria révén) a nagyolási, illetve simítási fokozatban az élek szerepe felcserélődik, ennek pedig nem csak az egyedi forgácsleválasztás a következménye, de az esztergálás közben fellépő erőhatásokat és a megmunkált felületen kialakuló érdességnomokat is meg kell vizsgálni. Az F_c , F_f és F_p erőösszetevők leírására kétféle hatványfüggvény modellt is alkalmaztunk. Az is kiderült tesztlejónkból, hogy a növelt ($f \geq 0,9$ mm) előtolású nagyolás már jelentős P_c (kW) forgácsolási teljesítményt igényel, továbbá – a szokatlanul kis főélszög miatt – nagy

passzív erőkomponens keletkezik, amely (kedvezőtlen, pl. karcsú munkadarab esetén) hordóssági alakhibát okoz.

Ez a cikk a többparaméteres érdességanalízisre helyezi a hangsúlyt, azt bizonyítva, hogy a „B” szerszámmal esztergált felületeket lehetetlen egyetlen („univerzális”), a vizsgált profil állapotát minden szempontból jellemző mérőszámmal leírni. Ezért egy paraméteregyüttest hoztunk létre, amely egyrészt az általánosan használt jellemzőkre (Ra, Rz, Rp, Rv), másrészt a profil statisztikai paramétereire (Rsk, Rku, RMr) alapozva a felületről jóval részletesebb leírást tud adni.

A technológia biztonságosabb tervezhetősége érdekében létrehoztunk egy-egy közelítő Rz-formulát (3) a nagyoló és simító hosszesztergálási ciklusokra. Az érdességi profil részletes vizsgálatával kimutattuk, hogy néhány könnyen mérhető jellemző arányát (Rz/Ra, Rp/Rz és Rp/Rv) kiemelve nem csak a profil jelenlegi állapotát lehet minősíteni, hanem következtetni lehet a jövőbeni viselkedésére (pl. kopására) is.

Több paramétersort is felölelő vizsgálataink kiterjedtek az Rsk és Rku statisztikai jellemzőkre. Közzeltük a „B” szerszámmal nagyoló és simító körülmények között az esztergálás topológiai térképét, megállapítva azt a tényt, hogy egészen más felületi struktúrát képes ugyanaz a lapka előállítani bal, illetve jobb irányú előtolás esetén. A tartós üzemi („jövőbeni”) viselkedést a hordozóhossz aránnyal jellemeztük és megállapítottuk az újszerű esztergálási technológia kedvező felületképzését.

A továbbiakban olyan vizsgálatok végrehajtását tervezzük, amelyek a már megismert „B” szerszám viselkedését fogja feltárni a munkadarabanyagok szélesebb körében, beleértve a nehezen forgácsolható és HRSA-anyagokat is. Részletesen fogjuk tesztelni ezen kívül – a szintén PrimeTurning kategóriába tartozó – „A” (elsősorban simításra fejlesztett) szerszámot is.

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] V. Rácz, G. Farkas, S. Sipos (2018): Chip removal specialities in multi-directional turning
Papers On Technical Science FMTU vol.9., p. 207–210.
<https://doi.org/10.2478/pts-2018-0059>
- [2] New definition of Turning (2017) Coromant-ppt. 2017. slides 28.
- [3] ISO/TS 13399-3 (2007) Cutting tool data representation and exchange
Part 3: Reference dictionary for tool items, Ref. Numb.: ISO/TS 13399-3:2007 (E) pp. 160.
- [4] Sipos, S., Palásti-K., B., Horváth, R. (2015): Forgácsoló technológiák és szerszámjai
Budapest, p. 410. <https://elearning.uni-obuda.hu>
- [5] Farkas, G. (2010): Esztergált műszaki műanyag felületek mikrotopográfiai jellemzői, PhD dolgozat, SZIE, Gödöllő, p. 138.
- [6] Béla Palásti-Kovács, Sándor Sipos, Szabolcs Biró (2014): The Mysteries of the Surface
First Part: The Characteristic Features of the Microgeometry of the Machined Surface *Acta Polytechnica Hungarica*, Vol. 11. No5. p. 5-24. DOI: 10.127000/APH 11.05.2014.05.1
- [7] B. Palásti-Kovács, S. Sipos, Á. Czifra (2012): Interpretation of „Rz=4×Ra” and other roughness parameters in the evaluation of machined surfaces 13th International Conference on Tools (ICT-2012) 27-28. March 2012, Miskolc (Hungary), p. 237-244. ISBN 978-963-9988-35-4
- [8] I. Szalóki, S. Sipos, Zs. J. Viharos (2016): Aluminum-Based MMC Machining with Carbide Cutting Tool
Precision Machining VIII, p. 149-154. Trans Tech Publications, Switzerland,
doi:10.4028/www.scientific.net/KEM.686.149
- [9] Horváth R., Sipos S. (2011) Topológiai térképek alumíniumötvözet finomesztergálásához
Obuda University e-Bulletin Vol2 No1., p 355-363.



Atomerőművek fizikai védelmi követelményei és együttműködése más területekkel

The requirements of the physical protection of nuclear power plants and the cooperation with other fields

Viplak Armand Máté, Kovács Tibor

Óbudai Egyetem Biztonságtudományi Doktori Iskola, Budapest, Magyarország

viplak.armand@gmail.com, kovacs.tibor@bgk.uni-obuda.hu

Összefoglalás — Az atomerőművek működésük, felépítésük és a felhasznált üzemanyag miatt többféle veszélyforrással szemben is sebezhetők és egy esetleges meghibásodás súlyosan veszélyeztetheti a lakosságot és a természetet. Ezen veszélyforrások kezelése a nukleáris ipar három pillérének feladata: biztonság, biztosíték és védelem. A szándékos emberi cselekményekkel szemben a nukleáris védelem és a telephely fizikai védelme áll szemben. A védelmi rendszer kiépítése során a telephelyi adottságokon és védendő objektumokon túl figyelembe kell venni olyan iparági sajátosságokat, mint a többi pillér előírásai, a baleset-elhárítás eljárásai vagy pedig a tervezési alapfenyegetettség. Jelen cikk igyekszik a nukleáris védelem legfontosabb hazai követelményeit és együttműködését a többi területtel bemutatni, illetve felhívni a figyelmet a szakma jövőbeni kihívásaira.

Kulcsszavak: nukleáris létesítmény, atomerőmű, védelem, fizikai védelem, biztonsági és védelem területi kooperációja

Abstract — Nuclear power plants can be vulnerable to a variety of threats due to their operation, construction and type of the used fuel, and a possible failure can seriously endanger the population and nature. Treating these threats is the task of the three pillars of nuclear industry: safety, safeguards and security. The nuclear security and the physical protection of the site is against the malicious human acts. During the construction of the physical protection system, industry specificities such as the other pillars' requirements, emergency management procedures, or the design basis threat should be considered in addition to site features and target objects. This article seeks to demonstrate the most important domestic requirements for nuclear security, the cooperation with other fields, and to draw attention to the future challenges.

Keywords: nuclear facility, nuclear power plant, security, physical protection, cooperation of the safety and security fields

1 BEVEZETÉS

A világ villamos energia termelésének egy szignifikáns részét az atomerőművek adják. A Nemzetközi Atomenergia Ügynökség (a továbbiakban: NAÜ) statisztikája alapján, amely a Power Reactor Information System elnevezésű rendszerében található, a világ országaiban 450 reaktor üzemel különböző atomerőművi telephelyeken, amelyek összesen 393 843 MW villamosenergia kapacitást biztosítanak. Az üzemelőken túl 58 energiatermelő reaktor van építés alatt. [1]

Magyarországon az 1980-as évek óta vesznek részt a termelésben atomerőművek. Az első blokk 1982-ben csatlakozott a villamos energia-rendszerhez, majd ezt követően további három 1987-ig. A négy jelenleg is üzemelő, orosz VVER-440 típusú blokk Paks városától délre található és jelenleg az MVM Paksi Atomerőmű Zrt. tulajdonában vannak. A blokkok már túl vannak egy teljesítmény-növelésen, az erőmű jelenleg 2000 MW villamos teljesítményű és már engedélyezték az üzemidő hosszabbításukat is, így az erőmű a 2030-as évekig termelni fog. [2] Hogy a hazai vertikumban ezt követően is megmaradjon a nukleáris termelés, mint az egyik legbiztosabb energiatermelési forma a szén-dioxid kibocsátás szempontjából, a magyar Országgyűlés 2009. március 30-án megadta az elvi hozzájárulást a bővítéshez. A paksi telephelyen, a jelenleg üzemelő erőmű mellett két új fog épülni. Az Országgyűlés 2014. február 6-án fogadta el a T/13628. számú törvényjavaslatot, amely az orosz-magyar államközi atomenergetikai együttműködésről szól. Ennek értelmében az orosz Roszatom fogja a két új VVER-1200 vagy másnéven AES-2006 típusú blokkokat felépíteni. [3][4]

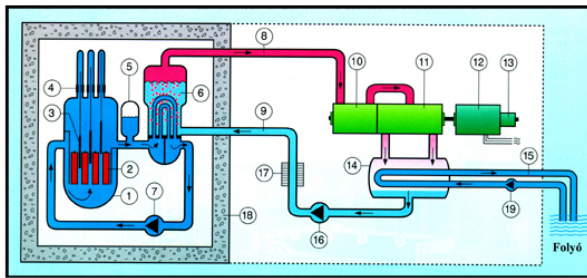
A tervezett bővítések miatt az elkövetkező évtizedekben is hangsúlyos szerepet fog kapni a nukleáris ipar három alappillére közül, a biztonság és a biztosíték mellett, a nukleáris védelem. Még a biztonság feladata a reaktorok védelme egy természeti vagy nem szándékos emberi cselekedet következményei ellen, a biztosíték pedig, hogy garantálja az atomenergia békés célú felhasználását és megakadályozza az atomfegyverek elterjedését, addig a védelem az erőművet és a felhasznált nukleáris anyagot védi a rossz szándékú emberi cselekedetek ellen. Az utóbbi években, a kontinens megnövekedett terrorfenyegetettsége miatt, az atomerőművek és más, a nukleáris iparhoz kapcsolódó létesítmények védelme ismét előtérbe került nemcsak a szakmában, de lakossági körökben is. Ezt súlyosbította a hír, hogy a belga támadások során az elkövetők egy atomerőművet is a célpontok közé vettek. [5]

2 ATOMERŐMŰVEK JELLEGZETESSÉGE

Egy hagyományos tüzelőanyaggal működő erőműben az energiatermelési folyamat leegyszerűsítve a következőképp néz ki: a bemenő tüzelőanyagot (legyen az szén, földgáz vagy ettől eltérő) egy zárt térben elégetik (kazán). A felszabaduló hővel csövekben futó vizet forralnak fel és gőzölgöztetnek el. Az így keletkező gőzt a turbinákra vezetik, amelyet expandálás közben meghajtja a turbina. A turbina egy tengelyen keresztül egy generátort hajt meg, amely a forgási energiát villamos energiává

alakítja át. A turbinából kijövő folyékony kondenzátum a kondenzátorokon átmenve lehül és egy szivattyú segítségével visszakerül az égéstérbe. A kondenzátort egy végső hőelnyelővel kell összekötni, hogy a turbinából kijövő víz hűthető legyen. Ez lehet egy folyó, egy tó vagy pedig valamilyen hűtőtorony (nedves vagy száraz). [6. sz. kör]

Egy atomerőműben a fenti folyamathoz hasonló körfolyamat játszódik le, de a hőfelszabadítás nem égéssel történik, hanem reaktorban a radioaktív láncreakción keresztül. Egy, a hazánkban is üzemelő, illetve létesítendő, nyomottvízes blokkban a reaktorból kilépő folyadék nem kerül közvetlenül a turbinákra, ugyanis azzal radioaktív kontaminációt okozna a turbinafokozatokon. Ehelyett a gőzfejlesztőbe kerül, ahol egy fizikailag elválasztott második körben keringtetett folyadékot melegít fel és forral el. A gőz inntől már a hagyományos módon kerül a turbinákra majd onnan a kondenzátorba. A másik gyakori típusnál, a forralóvízes reaktoroknál, a reaktortartályból kilépő víz közvetlenül a turbinákra kerül ezzel beszennyezve azt. A nyomottvízes rendszer, az 1. ábrán látható módon, három részre, vagy körre osztható: primer, szekunder és tercier.



1. ábra: Üzemanyag szállító konténerek rögzítése a szállító jármű rakterében. [6]

A primerkör foglalja magába többek között a reaktortartályt, a típustól függő számú hideg- és melegági vezetéseket, a főkeringtető szivattyút, a térfogat kompenzátort, a zóna üzembiztonsági hűtővíz rendszer (ZÜHR) elemeit és a gőzfejlesztőt. A primerkört magába foglaló épületek tervezésekor elsődleges szempont, hogy a tervezési alaphoz tartozó (mértékadó) földregiónak ellenálljon, illetve az új típusoknál a nagyméretű utasszállító repülőgépek rázuhanására is tervezik. Az épületen belül az egyes rendszerek és rendszereszmek helyileg széttagolva, egymástól fizikailag elválasztva vannak. A belső falazatok kialakításakor az elárasztás és a meghibásodások miatti áthatások ellen is védeni kell a berendezéseket.

A reaktortartály foglalja magába és mint mérnöki gát, védi a zónát. A zónában található az üzemanyag kazetták és a szabályzó- és biztonságvédelmi (SZBV) rudak. A kazetták pálcákból épülnek fel és a pálcákon belül vannak az alacsony dúsítású uránból porkohászati módon készült pasztillák. A zónában lejátszódó maghasadás következtében felszabaduló hő melegíti fel a nagy nyomású, 100 bar feletti, vizet, amely egyszerre a hűtőközeg és a neutronok lassításához szükséges moderátor is. A zónában lezajló láncreakciót a hűtőközegbe kevert bórsav koncentrációval és az SZBV rudak mozgásával lehet szabályozni vagy teljesen leállítani.

A primerkörhöz kapcsolódó biztonsági rendszerek feladata a láncreakció leállítására és a leányelemek bomlásából származó úgynevezett remanens hő elvezetése.

A rendszerek között vannak passzívak, amelyek nem igényelnek semmilyen külső energiaforrást és automatikusan táplálnak be a primerkörbe, illetve aktívak is. A végső kitűzött cél minden esetben a zónaolvadás elkerülése, azaz, hogy a zónában levő üzemanyag pasztillák a hűtés hiánya miatt ne olvadjanak meg és jussanak ki a pálcákból és kazettákból. Amennyiben ez mégis megtörténne, akkor az újabb típusoknál rendelkezésre állnak súlyosbaleseti berendezések, hogy a keletkező zónaolvadékokat a reaktortartályon belül tartani tudják, vagy ha kijutott, akkor az összegyűjtése és hűtése megoldott legyen.

A dolgozók és a lakosság megóvását az ionizáló sugárzás káros hatásaitól védő berendezések és intézkedések összességét sugárvédelemnek nevezik. Az egyik eleme alapján, amely az árnyékolás, a primerkörü épületi és a térelválasztó falazatok betonból készülnek és egy átlagos épülethez képest jóval vastagabbak. A belső és külső ajtók és teherkapuk is speciálisan megerősítettek, más nyílászáró pedig nem található.

A gőzfejlesztő 'másik' oldalán található a szekunderkör. Ennek feladata a primerkörü hő elvezetése és az energiatermelés. A szekunderkörtől belül található a turbinák és a hozzájuk kapcsolódó generátorok, illetve a kondenzátor, amely a tercier körön keresztül a végső hőelnyelőbe juttatja el a primerkörből érkező hőmennyiséget.

2.1 Kiszolgáló épületek

A reaktor vagy konténment épületen és a turbinacsarnokon kívül az atomerőművek működését több, különálló kiszolgáló épület biztosítja. Ezek között vannak olyanok, amelyek a védelem szempontjából kiemelt jelentőségűek. Az alábbiakban, a teljesség igénye nélkül, néhány, az üzem és a biztonság szempontjából jelentős épület kerül ismertetésre.

A tercier kör fő eleme a kondenzátorokat a végső hőelnyelővel összekötő építmény. Frissvízes hűtés esetén ez a vízkiviteli mű, atmoszféra használata esetén pedig a hűtőtorony. Mindkét esetben a kondenzátorral ezeket csővezetékek kötik össze, amelyek lehetnek szabadon állók vagy fedettek.

A reaktor biztonsági rendszerének egy sarokeleme a tartalék dízelgenerátorok, amelyek rendelkezése, hogy a külső villamos energia betáplálás elvesztése esetén a legfontosabb rendszereket és rendszereszmeket ellássa. A generátorok megerősített épületben vannak, amihez védett dízel-tank is tartozik.

Egyes blokk-típusoknál a friss üzemanyag-tároló a konténmenten kívül található különálló épületben. Ugyanígy a keletkező kis- és közepes aktivitású radioaktív hulladékok kezelését és ideiglenes tárolását is végezhetik egy, a reaktor-épülettel összekötött, de attól eltérő szerkezetű épületben.

3 JOGSZABÁLYI HÁTTÉR

Az atomerőművek fizikai védelmének jogszabályi hátterével kapcsolatos egyik hazai kérdés, illetve gyakran félreértés, hogy kritikus infrastruktúrájának tekinthető-e. *A létfontosságú rendszerek és létesítmények azonosításáról, kijelöléséről és védelméről szóló 2012. évi CLXVI. törvény* 1. melléklete alapján az energetikai ágazat egyik alágazata a villamosenergia-rendszer létesítményei, „kivéve az atomerőmű nukleáris biztonságára és sugárvédelmére,

fizikai védelmére, valamint biztosítéki felügyeletére vonatkozó szabályozás hatálya alá tartozó rendszerek és rendszerelemek”. [7] Ezek alapján az atomerőművek nem sorolhatók a kritikus infrastruktúra elemei közé és azok előírásai sem vonatkoznak a védelmére.

A nukleáris létesítmények fizikai védelmének jogszabályi hátterét a fentiek alapján tehát elsősorban az *atomenergiáról szóló 1996. évi CXVI. törvény* (a továbbiakban *Atomtörvény* vagy röviden *Atv.*) adja, illetve annak a végrehajtási rendelete, az *atomenergia alkalmazása körében a fizikai védelemről és a kapcsolódó engedélyezési, jelentési és ellenőrzési rendszerről szóló 190/2011. (IX.19.) Kormányrendelet* (a továbbiakban *Kormányrendelet* vagy röviden *FVr.*). Az *Atomtörvény* 30.§-a határozza meg a fizikai védelmi rendszer, azaz a nukleáris védelem célját, amely „a nukleáris és más radioaktív anyagok jogtalan eltulajdonításának, a *Btk.* szerinti radioaktív anyaggal visszaélés (250. §), a szabotázs, valamint a nukleáris vagy más radioaktív anyaggal való közveszély okozása, környezetkárosítás elkövetésének megelőzését” [8], illetve a törvény kijelöli még a nukleáris védelemért felelős hatóságokat, jelen esetben az Országos Atomenergia Hivatal (OAH), mint az atomenergia-felügyeleti szerv, és az Országos Rendőr-főkapitányság (ORFK), és azok feladatait. Az *Atv.* szabotázsra vonatkozó definíciója alapján (2. § 35.pont), viszont kijelenthető, hogy az atomerőművek továbbra is közérdekű üzemnek számítanak, hiszen szabotázsra kell tekinteni a közérdekű üzem működésének megzavarását kísérletét és annak előkészületét. [9]

Az *Atomtörvényben* foglalt alapelveknek megfelelően a 2011-ben elfogadott *Kormányrendelet* határozza meg a műszaki tartalomra és az eljárásrendekre vonatkozó előírásokat. Az atomerőmű üzemeltetője köteles a fizikai védelmi rendszerét, illetve annak minden módosítását engedélyeztetni a hatóságokkal, amelyhez a 4. melléklet szerinti fizikai védelmi tervet kell elkészítenie. A fizikai védelmi terv az alapja a hatósági ellenőrzéseknek, illetve az összes többi belső szabályzónak, végrehajtási utasításnak és őrsgokmánynak. A védelmi engedély 5 évig érvényes, utána egy új védelmi terv benyújtásával kell megújítani. [10] A Paksi Atomerőmű 2017-ben újította meg sikeresen a fizikai védelmi engedélyét.

Az *FVr.* 13. §-a előírja, hogy „nukleáris létesítményt, kivéve az 1 MW hőteljesítmény alatti reaktorral szerelt nukleáris létesítményt, a radioaktív hulladék átmeneti és végleges tárolóját, valamint az I. és II. kategóriába tartozó nukleáris anyagot fegyveres biztonsági őrsggel kell védeni”. [11] A nukleáris iparban alkalmazott fegyveres biztonsági őrsggek felállítását és üzemeltetését a *fegyveres biztonsági őrsggről, a természetvédelmi és a mezei őrsgszolgálatról szóló 1997. évi CLIX. törvény* és végrehajtási rendeletei szabályozzák, de az *FVr.* is tartalmaz további előírásokat is, mint például a kötelező erőnléti felmérés.

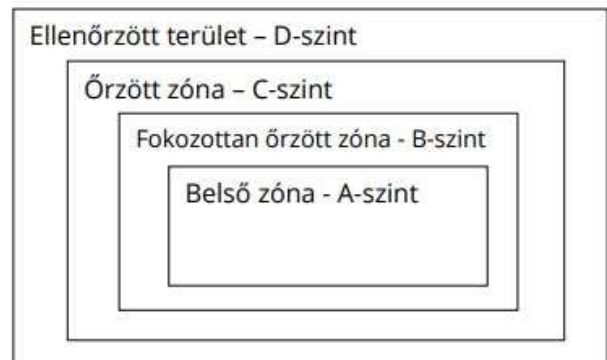
A jogszabályokban található előírások értelmezésében és alkalmazásában nyújt segítséget az OAH honlapján található útmutatók. Ezek követése és betartása nem kötelező, de ajánlott, hiszen amennyiben a fizikai védelmi rendszert az útmutatók szerint tervezik és üzemeltetik, úgy az *FVr.* 32./B §-nak megfelelően, a hatóságok az alkalmazott módszerek helyességét nem vizsgálják. Ellenkező esetben viszont mind az OAH, mind pedig az ORFK teljeskörű megfelelőségi vizsgálatot folytat le, amely megnövelheti az engedélyezési eljárás idejét és külső szakértő bevonása esetén a költségét is. [10]

4 A FIZIKAI VÉDELEMI RENDSZER FELÉPÍTÉSE

4.1 Alapelvek és a tervezési alapfenyegetettség

A nukleáris létesítmények fizikai védelmét biztosító rendszerek alapelveit az *atomtörvény* és az *FVr.* rögzíti. Az első a fokozatosság elve (*Atv.* 31. § (1)), azaz a védelem mértékét a védett anyag típusa, fizikai és kémiai tulajdonsága és az általa jelentett kockázat, illetve a fenyegetettsége alapján kell meghatározni. Ehhez az *FVr.* függően attól, hogy radioaktív vagy nukleáris anyagról, illetve hulladékról van-e szó, kategorizálási eljárásokat definiál. [10] Ez alapján egy kis- és közepes aktivitású radioaktív hulladékokat őrző telephelynél egy atomerőművet, azonos országos fenyegetettségi szint esetén, magasabb szinten kell védeni.

A második alapelv a mélységében tagolt védelem (*Atv.* 31. § (5)), amely kimondja, hogy a védelmi rendszernek többszintűnek kell lennie és minden lehetséges elkövetési szcenárióval és behatolási útvonallal szemben egyenlő szintű védelmet kell biztosítani az őrzött anyagoknak és rendszereknek. A kategorizálást követően a 2. ábrán látható elvi séma alapján kell a védelmi rendszert felépíteni úgy, hogy magasabb (B vagy C) kategóriába tartozó radioaktív anyag vagy kritikus rendszerelem nem kerülhet alacsonyabb kategóriájú zónába, illetve minden esetben törekedni kell, hogy a több védelmi szint kialakítására. Elképzelhető olyan felépítésű rendszer is, hogy egy C védelmi zónán belül kettő vagy több, egymástól elkülönülő B szintű zóna kerül kijelölésre.



2. ábra: Fizikai védelmi zónák rendszerének kialakítása és a zóna elnevezések. [12]

Az *FVr.* is megfogalmaz alapvető követelményeket a védelmi rendszerekkel szemben: biztosítani kell az időbeni detektálást és a megfelelő késleltetést, hogy a reagáló erők kellő számban és felszereléssel a megfelelő helyre érhessenek, hogy az elkövetőket cselekményük végrehajtásában megakadályozhassák (*FVr.* 6. § (1)).

A fizikai védelmi rendszer detektálási és elhárítási funkcióinak teljesítenie kell az egyszeres hibátűrési követelményét (*FVr.* 6. § (4)), illetve a rendszernek minden napszakban, időjárási körülményben és a védett létesítmény minden üzemi állapotában ugyanolyan védelmi szintet kell biztosítani (*FVr.* 6. § (3)).

A fentiekén túl a védelmi rendszert úgy kell üzemeltetni, hogy a nukleáris biztonsági, baleset-elhárítási, sugárvédelmi és más biztonsági előírásokkal és műszaki megoldásokkal harmonizálva működjön (*FVr.* 6. § (6)).

A nukleáris ipar egyik speciális eszköze, amelyet a védelem tervezéséhez és elemzésekhez is használnak, a tervezési alapfenyegetettség, vagy röviden DBT az angol

Design Basis Threat elnevezéséből. Az alapfenyegetettség egy magas szinten minősített irat, amely megadja azt a maximális elkövetői létszámot, amelyre a fizikai védelmi rendszert méretezni kell. A létszámon túl a DBT meghatározza az elkövetői motivációkat, elkövetési módokat, fegyverzetet, felszerelést, speciális tudást és a belső elkövetőkkel kapcsolatos információkat. A hagyományos elkövetési módozatokon kívül hazánkban a DBT meghatározza a kibertérből érkező fenyegetést is. Magyarországon a DBT-t, a már említett FVr. rendelet alapján az OAH által vezetett munkacsoport határozza meg és aminek a munkájában az ORFK, az Alkotmányvédelmi Hivatal, a Terrorelhárítási Központ, a Nemzeti Biztonsági Felügyelet és a Katonai Nemzetbiztonsági Szolgálat vesz részt. [10] Alapfenyegetettséget nemcsak az alkalmazás, tárolás esetben lehet alkalmazni és megállapítani, hanem a szállításokhoz is.

Az elkövetők lehetséges motivációja többféle lehet: a tárol és alkalmazott nukleáris és más radioaktív anyagok jogtalan eltulajdonítása, szabotázs elkövetése, hogy egy radioaktív kibocsátás veszélyeztesse a környezetet és a lakosságot, illetve erőszakos demonstrációk esetében az üzemelésben fennakadás okozása (ez a Btk. szerinti közüzem megzavarása). A nemzetközi példák azt mutatják, hogy atomerőművek esetén továbbra is számolni kell a jogtalan eltulajdonítás lehetőségével, a szabotázs ellen történő felkészülés egymagában nem zárja ki másféle elkövetői magatartás észlelését és megállítását. Az egyik legnagyobb mértékű friss üzemanyag eltulajdonítás Litvániában történt 1992-ben, amikor is egy 7 méter hosszú üzemanyagpálcát vittek ki az Ignalina erőműből egy céges busz aljára rögzítve. A 280 kg-os rúdban közel 100 kg alacsony dúsítású urán volt. Az elkövetők az üzemeltető és a biztonsági szolgálat különböző részegységeinek alkalmazottjai voltak. A lopást az üzemeltető cég hivatalosan csak 1994-ben ismerte el. [13]

Az előző példa jól mutatja a belső elkövetők jelentette kockázatot. Belső elkövetők azok a személyek, akiknek belépési engedélye van a létesítmény egy részébe vagy egészébe és rendelkezhet lényeges információkról az üzemeltetésről és akár a fizikai védelmi rendszerről is. Az elkövetés szempontjából lehet aktív, mint a litván példában is, amikor az elkövető ténylegesen részt vesz a cselekményben, akár még agresszíven is. A passzív elkövető csak információt és eseteként az elkövetéshez szükséges felszerelést (például belépőkártya, kulcsok) biztosít.

Hogy szabotázs szempontjából milyen károkat tud okozni egy aktív belső elkövető, azt jól mutatja a 2014-ben a belga Doel 4 atomerőműben. A 26 éves elkövetőnek, mint egy a hegesztési varratokat ellenőrző cég alkalmazottjának, belépési engedélye volt a biztonsági területekre is. A munkája során szándékosan megrongálta a turbina olajhűtéséről gondoskodó szelepet, ami miatt a turbina túlmelegedett és le kellett állítani a blokkot. A szelep normál esetben lakattal zárt és csak tűz esetén szabadna azt kinyitni. Az akciónak köszönhetően az erőmű több hónapra kiesett a termelésből. A nyomozás során kiderült még, hogy az elkövető tagja egy belga szélsőséges iszlamista szervezetnek és 2012-ben még Szíriában is járt. [14]

4.2 Célpont meghatározás

A védelmi rendszerek tervezésekor az első lépés a védendő tárgyak és épületek, azaz egy jogtalan cselekmény lehetséges célpontjainak meghatározása. Atomerőművek esetén elsődleges célpont lehet szabotázs és / vagy jogtalan eltulajdonítás szempontjából a kiégett és a friss üzemanyag, az üzemeltetés során keletkező folyékony és szilárd radioaktív hulladék, illetve a telephelyen esetlegesen levő más radioaktív források (például detektorok kalibrálása céljából). Mindegyiknek más-más tulajdonsága és kockázati szintje van, amit a fokozatosság elvének megfelelően kell figyelembe venni.

Szabotázs ellen történő felkészüléskor lehetséges célpontok még az úgynevezett kritikus rendszerek és rendszerelemek. Ezek olyan berendezések, amelyek normál üzemi és üzemzavari körülmények között biztosítják az erőmű nukleáris biztonságát, hogy a reaktor aktív zónájában és a pihentető medencében levő üzemanyag kazetták ne melegedjenek túl és a bennük levő urán pasztillák ne olvadjanak meg (ezt nevezi a szaknyelv zónaolvadásnak). A kritikus rendszerek jelentős részét a biztonsági elemzések meghatározzák, de ezek nem veszik figyelembe az atomerőmű ellen irányuló szándékos külső és emberi ártó szándékú beavatkozásokat. A védelmi aspektust az úgynevezett kritikus rendszerek elemzése veszi figyelembe, amely során a biztonsági elemzések és a DBT alapján kiválasztják azokat az objektumokat, amelyeket fokozottan védeni kell.

4.3 A fizikai védelem funkciói

Miután mind a védendő elemek, mind pedig a támadási scenáriók adottak, meg kell határozni, hogy a fizikai védelmi rendszernek milyen alapvető funkciókat kell ellátnia.

Az FVr. alapján a védelmi rendszernek ki kell elégítenie az előírásokat az elrettentés, a detektálás, a késleltetés és az elhárítás funkciókra. [10]

Az elrettentést lehet a legkevésbé kvantitatívan elemezni, mivel ennek a funkciónak a célja az elkövetők elbizonytalanítása és elriasztása a jogtalan cselekedettől. Ennek elemei lehetnek a látható őrzésvédelmi elemek, mint például a többsoros szögesdrót kerítés vagy a masszív gépjárműakadályok, a táblák és feliratok, amelyek az őrzésre és a különböző veszélyekre figyelmeztetnek, illetve az állandó vagy időszakosan megjelenő fegyveres őrség demonstratív jelenléte.

A detektálás funkció feladata egy jogtalan cselekedet észlelése és jelzése a védelmi rendszer és az azt üzemeltetők felé. Ehhez szükséges valamilyen eszköz, amely a detektálást elvégzi (lehet például egy mozgást, vágást vagy mászást észlelő eszköz, egy kamerarendszerbe integrált videó analitika vagy akár a fegyveres őrség járőre is), egy kommunikációs csatorna az észlelés továbbításához és a kiértékelés lehetőségének biztosítása, hogy a jelzést fogadó személy meggyőződhessen a riasztás valódiságáról. Elemzések során leggyakrabban a detektáló eszközöket a detektálási valószínűséggel veszik figyelembe.

A késleltetést biztosító rendszerelemeket minden esetben a detektálást követően kell tervezni, hiszen ennek a funkciónak a feladata, hogy a detektálást követően az elkövetőket annyi ideig lelassítsa, amíg a reagáló erők a kijelölt helyükre érhetnek és a jogtalan cselekményt megzavarhatják és megállíthatják. Ezt el lehet érni passzív

eszközökkel (kerítések, falazatok és biztonsági nyílászárók), illetve valamilyen jelzésre aktiválódókkal (füstgépek, a helyiséget vagy a védett tárgyat habbal elárasztó gépek, speciális gépjármű akadályok). A fizikai védelmi rendszerbe beépített késleltetést az általuk biztosított idővel lehet értékelni és az elemzésekben figyelembe venni.

Az egyik legnehezebben a hatékony reagálási funkciót lehet kialakítani és folyamatosan fenntartani, tekintettel arra, hogy sok emberi tényező befolyásolja. A funkció feladata a detektálást és késleltetést követően az elkövetői cselekmény megzavarása és megállítása, illetve később a felszámolása is. A reagáló erőknél, versenyt futva az idővel, meg kell határozniuk az adott szituációhoz illő legmegfelelőbb taktikát és annak megfelelően fel kell szerelkezniük és el kell foglalniuk a kijelölt helyüket, majd jogszerű, szakszerű és biztonságos módon intézkedniük kell az elkövetőkkel szemben.

Ezt a folyamatot befolyásolhatja más és más módon az adott napszak, az időjárás, az állomány általános képzettsége, kipihentsége és az egyes személyek aktuális állapota és felkészültsége is. A reagálási időbe, a vonuláson és az intézkedésen túl, beletartozik a detektálási rendszer kommunikációs ideje, a kiértékelés hossza és az információk átadási ideje is az állomány részére. Alapvető hiba lehet, amikor az üzemeltető cégek nagy összegekért a legmodernebb detektáló eszközöket telepíttetik, amelyekkel értékes másodperceket nyerhettek a védelmi rendszer részére, de a reagáló erők fejlesztéséről, képzettségének növeléséről, és modernizációjáról nem gondoskodnak, ezzel viszont akár percekkel lett hosszabb a reagálási idő. Ezért fontos, hogy a tervezéskor, értékeléskor és fejlesztéskor a detektálás – késleltetés – reagálás funkciók megfelelő összhangjára figyelni kell. Az elemzések során a reagálást a szükséges idővel és az intézkedés hatékonyságával jellemzik.

Az üzemeltetők részére további kihívást jelent az FVr. 15. § szerinti megfelelő védelmi kultúra kiépítése a teljes szervezetben, annak fenntartása és értékelése. [10] Az őrzés-védelmi kultúra garantálja, hogy minden alkalmazott tisztában legyen és betartsa a fizikai védelem hatékonyságát biztosító rendszert előírásokkal, elfogadja a fenyegetettséget (még ha nem is ismerheti teljes mélységében azt), megbízza a fizikai védelemért felelős szervezetben és bármely szabályszegés vagy gyanús körülmény megjelenése esetén azonnal jelentse is azt. A kultúra kialakítását már a betanító képzéseken el kell kezdeni és később felhívások, illetve akár speciális kampányok segítségével fenn kell, illetve fejleszteni kell azt.

A fenti funkciók megfelelő kialakításán és összehangolásán túl a védelmi rendszert integrálni kell a vagyonvédelmi, a minősített iratokat őrző, a tűzvédelmi és egyéb releváns rendszerekkel is.

4.4 Biztonság a védelmi kultúrával szemben?

A nukleáris ipar egyik legrégebbi hatósági területe a nukleáris biztonság, amely a külső és belső természeti, illetve a nem szándékos vagy nem az atomerőmű ellen irányuló szándékos emberi hatásokkal szembeni védelmet biztosít, hogy a lakosság és a környezet többletdózis-terhelést ne kaphasson. A biztonság szavatolásának kérdése már az 1942-es chicagói atommáglya esetében is megjelent, amikor is a legenda szerint a projektet vezető Enrico Fermi az egyik munkatársát felküldte a

neutronelnyelő rudakat a levegőben tartó kötélzet mellé egy baltával, hogy amennyiben vészleállskor a rudak nem esnének le, vágja el a kötelet. Később ebből született a reaktorok vészleállítását jelentő angol 'scram' kifejezés, a Safety Control Rod Axe Man (Biztonsági Szabályzó Rúd Baltás Ember) szavak összetételeként. A történetet az amerikai hatóság, a Nuclear Regulatory Commission cáfolta 2011-ben, de ettől függetlenül rámutat arra, hogy a biztonság szavatolása már a kezdetektől szignifikáns kérdés volt. [15] A régre visszanyúló háttéré miatt, a szerző tapasztalatai alapján, mind nemzetközi viszonylatban, mind pedig a hazai gyakorlatban többször is a nukleáris biztonság (és a hozzá kapcsolódó baleset-elhárítás) magasabb prioritást élvez a védelmi szempontokkal szemben.

Be kell látni, hogy a megfelelő szintű fizikai védelem nélkül nem garantálható a biztonsági rendszerek működőképessége egy szabotázs vagy annak kísérlete során, illetve, hogy a biztonsági és sugárvédelmi rendszerekre vonatkozó előírások betartása a védelmi erőt erősíti. Egy jó példa erre az áthatásra a primerköri falazatok és nyílászárók, amelyek a kikerülő sugárzás csökkentése és a külső hatásokkal szembeni ellenállás miatt vastag, megerősített szerkezettel rendelkeznek, amelyek a fizikai védelmi rendszer késleltetését növelik. A NAÜ felismerve ezt, megkezdte a két terület közötti együttműködés keretében és módjának vizsgálatát, illetve létrehozta a koordinációért felelős irodájukat Office of Safety and Security Coordination elnevezéssel. [16]

Európai szinten is felmerült a kooperáció megerősítése és erősítése a két terület között. A nyugat-európai nukleáris hatóságokat egyesítő WENRA (Western European Nuclear Regulators Association) 2018. évi őszi ülésén napirendre vette, hogy egy közös munkacsoportot állítsanak fel az ENSRA-val, amely az európai nukleáris védelmi hatóságokat egyesíti (European Nuclear Security Regulators Association). [17]

Az együttműködés Magyarországon is megindult (már csak azért is, mert a hazai nukleáris hatóság mind ENSRA, mind pedig WENRA tag), ennek egyik eleme, hogy az OAH 2017-ben új struktúrában kezdett el működni, a védelmi és biztonsági hatósági területekért felelős szervezeti egységek egy vezető, a főigazgató-helyettes felügyelete alá kerültek. [A nemzeti fejlesztési miniszter 24/2017.(IX.5.) NFM utasítása az Országos Atomenergia Hivatal Szervezeti és Működési Szabályzatáról] A jogszabályi szinten az együttműködést egyelőre csak az FVr. biztosítja, amelynek 6. § (6) bekezdése előírja, hogy a „*fizikai védelmi rendszert hatékonyan kell együttműködtetni a nukleáris létesítmény, radioaktív hulladék átmeneti és végleges tárolója, valamint nukleáris anyagok, radioaktív sugárforrások és radioaktív hulladékok jogszabályban meghatározott nukleáris és ipari biztonsági, nyilvántartási és ellenőrzési, sugárvédelmi, a normálistól eltérő helyzetek kezelését célzó, a katasztrófavédelmi és nukleáris veszélyhelyzet-kezelési előírásaival és műszaki megoldásaival*”. [18]

Ez feljogosítja a hatóságokat, hogy a védelmi megoldásokat minden más szakmai szempont szerint is vizsgálhassa. Az FVr. ehhez további szempontokat (például a független és visszahatás mentes működés) is meghatároz a 19. paragrafusában. [10] A nukleáris biztonsági előírásokat meghatározó és a Nukleáris Biztonsági Szabályokat tartalmazó, a nukleáris létesítmények nukleáris biztonsági követelményeiről és az

ezzel összefüggő hatósági tevékenységről szóló 118/2011. (VII. 11.) Korm. rendeletben viszont a területek közötti kooperáció feltételei nem valósultak meg teljesen, hiszen az 1. § (4) bekezdése értelmében a rendelet hatálya nem terjed ki a védettségi területre. [19] Hogy a nemzetközi elvárásoknak megfelelően a hazai előírások és gyakorlatok, ennek az ellentmondásnak a feloldása szükséges, illetve meg kell határozni, hogy melyek azok a területek és esetek, amikor a védettségi eljárásoknak kell prioritást élvezniük a létesítmény, a dolgozók és a lakosság védelme érdekében.

4.5 Biztosítéki rendszer: barát vagy ellenség?

A nukleáris fegyverek elterjedését megakadályozni szándékozó atomsorompó-egyezmény végrehajtását Magyarországon, az európai uniós csatlakozás óta, a nukleáris fegyverek elterjedésének megakadályozásáról szóló szerződés III. cikk (1) és (4) bekezdésének végrehajtásáról szóló biztosítéki megállapodás és jegyzőkönyv, valamint a megállapodáshoz csatolt kiegészítő jegyzőkönyv kihirdetéséről szóló 2006. évi LXXXII. törvény szabályozza és hatósági jogkörrel ruhazza fel a Nemzetközi Atomenergia Ügynökséget és az EURATOM elnevezésű uniós szintű szervezetet. [20] Az egyezmény értelmében hazánk részletes nukleáris anyag nyilvántartást vezet és a nukleáris létesítményekben a nemzetközi szervezetek körülhatárolási eszközökkel (különböző plombák), folyamatos, 24/7-es videós megfigyeléssel és helyszíni ellenőrzésekkel biztosítják az egyezmény betartását a nemzetközi közösség felé. [21]

Ha fizikai védelmi szempontból kell vizsgálni a kérdést, akkor egyrészt figyelembe kell venni, hogy a hazánk által is ratifikált és kihirdetett egyezmény nemzetközi szervezetnek biztosít hatósági jogköröket, illetve szinte korlátlan belépés biztosítását írja elő az ellenőrök részére. A kötelező adatszolgáltatások során az atomerőművek műszaki paramétereit, nukleáris anyag leltárát és egyéb olyan információkat kell kiadni, amelyek illetéktelen kezek közé kerülése érzékenyen érinthetik a létesítmények védelmét. Ezen felül olyan kamerarendszerek kerültek telepítésre, amelyek folyamatos megfigyelési lehetőséget biztosítanak anélkül, hogy az üzemeltető vagy a magyar hatóságok kontrollálni tudnák azt.

Más szempontból viszont a nukleáris anyagok nyomon követhetőséget biztosító eszközök, eljárások és rendszeres ellenőrzések egy olyan védelmi vonalat definiálnak, amely elrettentésként szolgál és egy, a hagyományos védettségi rendszerek által nem detektált jogtalan eltulajdonítást (hasonlót, mint ami Litvániában történt) fedhet fel az üzemeltető és a hatóságok előtt. Tekintve, hogy a nemzetközi ellenőrzések és a hozzá kapcsolódó egyéb beavatkozások törvényben és egyezményekben rögzítettek, ezért a védelméért felelős szervezeteknek és szervezeti egységeknek nem, mint veszélyeztető tényezőként, hanem mint a fizikai védelmi rendszer szerves részeként kell a nukleáris biztosítéki rendszerrel érdemes számolnia.

4.6 Programozható rendszerek védelme

Napjaink új kihívása és fenyegetettsége a globális kibertér felől érkező támadások, amelyekkel nem nyilvános információkat lehet megszerezni, illetve az úgynevezett programozható rendszerek működését lehet szabotálni. Az ilyen típusú támadásokra a nukleáris ipar is megkezdte a felkészülést, hiszen egyes üzemi, biztonsági és védettségi rendszerek bénítására is lehetősége lehet egy elkövetőnek.

Hazai viszonylatban a szabályozást, tekintve, hogy a kibervédelem a fizikai védelmi rendszer része, elsősorban az FVr. tartalmazza. Az előírások 2014-ben kerültek a rendeletbe (20. §) és a további részletszabályozásokat pedig annak 6. melléklete tartalmazza. Ezek közül ki kell emelni a létesítmény legfelső vezetése alá közvetlenül kijelölt, a programozható rendszerek védelméért felelős szervezet felállításának kötelezettségét. [10] Ez az előírás szigorúbb, mint a normál fizikai védelemért felelős szervezetekre vonatkozó előírások. A két védelmi szervezet jogszabályi háttérének és feladatainak összehangolása. A legmagasabb szervezeti szintre emelt védettségi szervezet (legtöbbször rendészeti osztály elnevezéssel és jogkörrel) garantálni tudná a megfelelő döntéshozatali képességet az üzemeltető cégen belül.

A kibervédelmi rendszerek tervezésénél és üzemeltetésénél a hagyományos fizikai védelemhez hasonlóan megjelenik a mélységi védelem elve, a kategorizálás és osztályozás szükségessége, illetve a diverzitás biztosítása. [10]

5 KONKLÚZIÓ ÉS A JÖVŐ FELADATAI

Az atomerőművek és más nukleáris létesítmények fizikai védelmének szilárd jogszabályi alapjai vannak Magyarországon, illetve nemzetközi téren is egyre több egyezmény és ajánlás támogatja a hazai üzemeltető és hatóságok munkáját. A jogalkotási oldal nagy feladata az elkövetkező időszakra, hogy a biztonsági és védettségi területek közötti együttműködés alapjait lefedtesse, kidolgozza a hozzá tartozó hatósági eljárásokat és a jelenleg fennálló szabályozási ellentmondásokat feloldja. Az FVr. 2011-es megalkotása óta bár már többször is módosítva lett, de egy szélesebb felülvizsgálata szükséges a 2017-es fizikai védelmi engedélyeket meghosszabbító eljárások tapasztalatai alapján. Ez a folyamat a 2018-as év során megindult, a cikk szerzője is részt vett benne, az első módosítási csomag jelenleg a Kormány jóváhagyására vár.

A szakmai területen az elkövetkező évek kihívásai, a más területekkel való együttműködés erősítésén túl, a sokszor hirtelen változó fenyegetettség kezelése, az új elkövetési módokra (például drónok, kibertér felőli támadások) történő válaszingedmények és a fizikai védelemben az állami szerepvállalás összehangolása lesznek. A hatóságok és a védelmi rendszereket tervezők és üzemeltetők munkáját olyan, lehetőleg kvantitatív, elemzések bevezetése támogatná, amely megfelel a hazai igényeknek, használata megfelelően szabályozott a jogszabályi oldalról is és a könnyebb kezelhetőség érdekében rendelkezik valamilyen informatikai támogatással.

A hazai rendszerekben az elhárítás védelmi funkció modernizálása is szükséges a szerző tapasztalatai alapján, a Fegyveres Biztonsági Őrségek munkáját szabályozó törvények és az abból leképzett Szolgálati Szabályzat elavult, néhol ellentmondásos és nem tér ki a napi szolgálat minden területére. Ezekre példák a reagáláshoz megkülönböztető jelzéssel ellátott gépkocsi használatát engedélyező paragrafus hiánya, a feladat orientált felvételi és felmérési követelmények kiterjesztése az intézkedéstaktikai és lövészetű képességekre és annak deklarálása, hogy a fegyveres biztonsági őr ellen elkövetett jogtalan cselekedetek a Büntető Törvénykönyvben található hivatalos személy elleni bűncselekmények alapján legyen megítélve és szankcionálva.

Bár a fent megjelölt feladatok elvégzése időigényes és több esetben további költségeket és kötelezettségeket ró az üzemeltetőkre, de az atomerőműveket, és azon keresztül a lakosságot is védő rendszerek hatásfokának fenntartásához és a nemzetközi trendekhez való megfeleléshez szükségesek. Az így kialakított modern rendszerek üzemeltetéséhez további biztosíték a megfelelő számú belső és hatósági ellenőrzések végrehajtása, illetve az engedélyesek és a hatóságok közötti jó kooperáció és párbeszéd is.

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] International Atomic Energy Agency Power Reactor Information System honlapja
<https://pris.iaea.org/PRIS/home.aspx>
- [2] MVM Paksi Atomerőmű Zrt. honlapja
<http://www.atomeromu.hu/hu/Rolunk/Lapok/default.aspx>
- [3] Paks 2 Zrt honlapján található blokkleírás
http://www.paks2.hu/hu/PaksII/AJovo/az_uj_blokkok/Lapok/default.aspx
- [4] Paks 2 Zrt honlapján található cégismertető
<http://www.paks2.hu/hu/PaksII/Cegismerteto/Lapok/default.aspx>
- [5] ISIS Attackers May Have Targeted Nuclear Power Station. *Time*. 2016. március 25.
<http://time.com/4271854/belgium-isis-nuclear-power-station-brussels/>
- [6] "A" Tételű modul – Környezetgazdálkodás. *Szaktudás Kiadó Ház ZRt.*
https://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0032_kornyeztgazdalkodas1/adatok.html
- [7] 2012. évi CLXVI. törvény a létfonosságú rendszerek és létesítmények azonosításáról, kijelöléséről és védelméről. 1. melléklet.
- [8] 1996. évi CXVI. törvény az atomenergiáról. 30. §.
- [9] 1996. évi CXVI. törvény az atomenergiáról 2. § 35.
- [10] 190/2011. (IX. 19.) Kormányrendelet az atomenergia alkalmazása körében a fizikai védelemről és a kapcsolódó engedélyezési, jelentési és ellenőrzési rendszerről.
- [11] 190/2011. (IX. 19.) Kormányrendelet az atomenergia alkalmazása körében a fizikai védelemről és a kapcsolódó engedélyezési, jelentési és ellenőrzési rendszerről. 13. §
- [12] FV-5. sz. útmutató. Fizikai védelmi zónák meghatározása. Országos Atomenergia Hivatal (2016)
[http://www.haea.gov.hu/web/v3/oahportal.nsf/EDCE03464DB1F17CC1257BE9003EDF35/\\$FILE/FV-5v2.pdf](http://www.haea.gov.hu/web/v3/oahportal.nsf/EDCE03464DB1F17CC1257BE9003EDF35/$FILE/FV-5v2.pdf)
- [13] Pilat J. F. & Busch N. E. (2015). *Routledge Handbook of Nuclear Proliferation and Policy*. Routledge. 448
- [14] Serious Sabotage. *Chameleon Associates*. 2014. október 16.
<http://chameleonassociates.com/security-screening/>
- [15] Putting the Axe to the 'Scram' Myth. *U.S. NRC Blog*. 2011. május 17.
<https://public-blog.nrc-gateway.gov/2011/05/17/putting-the-axe-to-the-scram-myth/>
- [16] Office of Safety and Security Coordination honlapja
<https://www.iaea.org/about/organizational-structure/department-of-nuclear-safety-and-security/office-of-safety-and-security-coordination>
- [17] WENRA Fall Plenary Meeting 2018. *WENRA*. 2018. November 9.
<http://www.wenra.org/archives/wenra-fall-plenary-meeting-2018/>
- [18] 190/2011. (IX. 19.) Kormányrendelet az atomenergia alkalmazása körében a fizikai védelemről és a kapcsolódó engedélyezési, jelentési és ellenőrzési rendszerről. 6. § (6).
- [19] 118/2011. (VII. 11.) Korm. rendelet a nukleáris létesítmények nukleáris biztonsági követelményeiről és az ezzel összefüggő hatósági tevékenységről
- [20] 2006. évi LXXXII. törvény a nukleáris fegyverek elterjedésének megakadályozásáról szóló szerződés III. cikk (1) és (4) bekezdésének végrehajtásáról szóló biztosítéki megállapodás és jegyzőkönyv, valamint a megállapodáshoz csatolt kiegészítő jegyzőkönyv kihirdetéséről
- [21] IAEA Safeguards Overview: Comprehensive Safeguards Agreements and Additional Protocols honlapja
<https://www.iaea.org/publications/factsheets/iaea-safeguards-overview>

Térfigyelő kamerarendszerek általános rendszerkövetelményei

General System Requirements for Surveillance Camera Systems

Fehér András István

Óbudai Egyetem, Biztonságtudományi Doktori Iskola, Budapest, Magyarország

feher.andras@bgk.uni-obuda.hu

Összefoglalás — A Az IP kamera technológia felgyorsult fejlődése, az internet hálózatok sávszélességének növekedése, valamint az arcfelismerő biometrikus algoritmusok azonosítási képességének javulása együttesen járulnak hozzá az arcfelismerési funkcióval kiegészített, vagy azt nem tartalmazó térfigyelő kamerarendszerek térhódításához.

E megoldások terjedése a technika fejlődésével párhuzamosan indult, azonban a bostoni robbantásokat követően felgyorsult. Külön aktualitást a kérdésnek a már Európa szerte is megszaporodó robbantásos merényletek adnak.

Egyre gyakrabban merül fel akár hatóságok, akár polgári megrendelők részéről egy olyan általános rendszerkövetelmény kidolgozása, mely betartása esetén garantálható az elvárt eredmény. Jelen cikkben foglalkozom e – amúgy jogosnak tekinthető – igény teljesíthetőségének műszaki és technológiai korlátaival.

Kulcsszavak: IP kamerarendszer, térfigyelés, arcfelismerés, biometria

Abstract — The accelerated development of IP camera technology, the increase in bandwidth of internet networks and the ability to identify facelift biometric algorithms will contribute to the spread of camera surveillance systems with or without the Face Detection feature.

The spread of these solutions started parallel to the development of technology, but accelerated after Boston bombings. Of particular relevance to this question are the bomb assassinations that are already spreading even across Europe.

There is a growing tendency for public authorities or civil servants to develop a general system requirement, which can guarantee the technical and technological constraints of achieving the expected results. In this article I will deal with the technical and technological limitations of the feasibility of this claim - which can all be considered legitimate.

Keywords: IP camera system, surveillance, face recognition, biometrics

1 BEVEZETÉS

Egy megfigyelő kamera projekt – legyen az egy konkrét objektumot megfigyelő, vagy egy nagyobb, térfigyelő rendszer – definiálásakor, mint bármely más biztonságtechnikai projekt esetében is – a megrendelő érdekeit szem előtt tartva -, a legjobb megközelítés kérdéseket feltenni, majd az azokra adott válaszokból kiindulva véghezvinni a feladatot. Általában egy kérdést mindig fél sztoktak tenni: „Mit?”. Logikus, hiszen fontos, hogy milyen eszközök fognak felkerülni. Ugyanakkor nem ez a legmegfelelőbb kérdés, amit először fel lehet tenni.

Ennek a kérdésnek a megválaszolása eredményezi ugyanis a rövid, részletekbe nem bocsátkozó ajánlatokat, amelyekből a megrendelő – főleg, ha nem hozzáértő – szinte semmilyen releváns információhoz nem fog tudni hozzájutni. Ez pedig természetesen nagy probléma, hiszen könnyen előfordulhat, hogy végül a vevő nem ahhoz jut hozzá, amit elképzelt. Ez a hiba alapvetően figyelmetlenségből, hanyagságból, vagy a minél nagyobb mozgástér biztosításának céljából következik be.

Természetesen minden projekt esetében rendkívül fontos az ár. Ugyanakkor nem mindegy, hogy mire költi el a vevő a pénzét, és mi az a maximum, amit ki lehet hozni a rendelkezésre álló keretből. Ahhoz, hogy ez minél inkább megvalósulhasson, fontos, hogy a vevő ne csak egy tételes anyaglistát lásson, hanem alaposan alá legyen támasztva minden elem. Ilyen formában egy becsületes kivitelező biztosíthatja, hogy a vevő a projekt minden szakaszában megértse, hogy mire miért van szükség, valamint hogyan fogja az adott tétel támogatni a kitűzött célok megvalósulását.

Ugyanilyen fontos azonban az is, hogy a vevő azt is megértse, mik a korlátai – elsősorban – a rendelkezésre álló összegnek és – másodsorban – az elérhető technológiáknak.

Az alábbi dolgozatban megvizsgálom, hogy valójában mi a helyes kérdés egy projekt esetében, és az arra adható válaszok mely esetben képesek azt kielégítően megválaszolni, valamint milyen korlátozó tényezők vannak, amelyek meghatározzák a kapott válaszok pontosságát.

2 PROJEKTINDÍTÁS

Egy alapos, átgondolt projektvezetés esetében a fentebb körülírt kérdés a „Miért?” kell, hogy legyen. Ha abból indulunk ki, hogy milyen feladatot kell megoldanunk, *miért* kell megfigyelni egy területet, akkor választ kaphatunk arra, hogy *miért* pont az a kamera lesz képes beváltani a hozzá fűzött reményeket és elvárásokat. Ekkor már nem csak azt válaszoljuk meg, hogy *mit* akarunk kihelyezni, hanem azt is figyelembe vesszük, hogy *miért*, *mikor*, *hogyan* akarjuk végezni a megfigyelést.

A *miért* nem csak az eszközre terjed ki, hanem a teljes infrastruktúrára is. A régebbi CCTV rendszereknek, amelyek analóg kamerákkal és kazettás rögzítőkkel dolgoztak, még csak néhány paraméterrel kellett számolniuk – ahol a néhány relatív fogalom, de lényegesen kevesebb, mint a modern rendszereknél. [1] A köztes

állapot, ahol már digitális rögzítők végezték a felvételek tárolását, már több figyelmet igényeltek, hiszen a korábbi állandó (a videoszalag kapacitása) egy változóvá alakult (a tárcapacitás a képminőség függvényében). Azonban innen eljutottunk oda, hogy már a teljes rendszer digitális, IP (és esetleg PoE) alapú, amely nem feltétlenül egy dedikált hálózaton kommunikál. Így pedig további paraméterek váltak változókká. Természetesen egy ilyen jellegű rendszer sok előnnyel bír egy analóg rendszerrel szemben, azonban az előnyök kiaknázása aprólékos tervezést igényel, amely tervezés kérdések egész halmazát vetették fel:

- Miért figyeljük azt, amit meg akarunk figyelni?
- Miért ott figyeljük meg?
- Miért akkor figyeljük meg?

E kérdések megválaszolása után kezdhünk csak el azon gondolkodni, hogy:

- Mivel tudom az elvárásokat teljesíteni?
- Mit kell módosítanom a célterületen, hogy hatékonyan tudjak megfigyelni?
- Mekkora anyagi befektetést igényel?

Egy kamerás megfigyelőrendszer általában az alábbi elemekből épül fel – és most szorítkozzunk az IP alapú rendszerekre, [2] mivel kiépülni jellemzően már csak ilyenek fognak a jövőben:

- Kamera.
- Hálózati kapcsolat.
- Szerver.
- Kliens(ek).
- Szoftver.

A feladatunk az, hogy alaposan körbejárjuk a kérdéseket mindegyik rendszerelemre, és kielégítő válaszokat tudjunk adni. Ez esetben bízhatunk abban, hogy a kiépített rendszer meg fog felelni az elvárásoknak.

3 KAMERA PARAMÉTEREI

A kamerák dobozán számos paramétert találhatunk, amelyek egy része releváns, más része inkább marketing fogás. Ahhoz, hogy ki tudjuk választani a megfelelő eszközt, az ár mellett egyéb is tényezőket meg kell fontolni, amelyeket az alábbiakban ismertetek. [3]

3.1 A feladat vizsgálata

Egy kamera feladata minden esetben a megfigyelés, de nem mindegy, hogy mi és hol a megfigyelés tárgya. Számos csoportosítási lehetőség létezik, én azonban célszerűnek tartom helyszín szerint beltérre és kültérre, míg a megfigyelés tárgya szerint tárgyra vagy személyre bontani a lehetőségeket.

A személyek megfigyelésénél az egyik fontos tényező, hogy a kamera lehetőség szerint mozgatható legyen, hiszen az emberek maguk is mozognak – míg tárgyak megfigyelésénél a megfelelő látószög és olyan plusz

funkciók lehetnek fontosak, mint például a kamera azon képessége, hogy felismerje, ha a tárggyal valami történik.

Beltéri megfigyelésnél jellemzően kisebb tereket kell belátni, így gyakran a közelítési lehetőség rovására lehet más funkciókból jobbakat választani. Külső terek megfigyelése esetén, ha nem csak a mozgás tényét kell észlelni, komolyabb optikára van szükség.

3.2 A helyszín vizsgálata

A megfigyelni kívánt terület jelenti az egyik kiindulási alapot, ugyanis két nagyon fontos tényezőt határoz meg: a szükséges képméretet és a felszerelendő optikát. A kamera látószöge e két paraméter, valamint a megfigyelendő távolság függvénye. [4] Ha egy zárt térről beszélünk, lehet azt mondani, hogy egy n megapixeles, m -szeres optikai zoommal ellátott kamera be tudja látni wide (azaz teljesen kizoom-olt) üzemmódban a területet, tele üzemmódban pedig meg tudja figyelni a tevékenységet egy adott ponton, ha csak ennyi a feladat. Ugyanakkor a feladat manapság már zárt területek esetén is egyre kevésbé ennyire egyszerű, ahogy ezt az előző pontban is láthattuk.

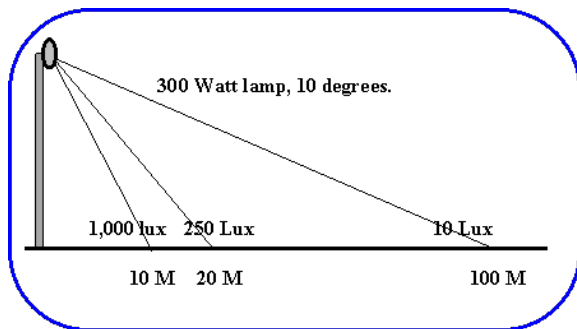
Egy közterület esetén azonban nem elég ennyi paraméter. Ahhoz, hogy egy ajánlati specifikáció értékelhető legyen, sokkal több információt kell rendelkezésre bocsátani. Ha már tudjuk, hogy az adott kamerának mi a feladata, meg kell vizsgálni a közterület jellegét, legelőször is azt, hogy mekkora a vizsgálandó terület és milyen érkezési/távozási útvonalak vannak. Egy nagyobb területet, mint például a Széll Kálmán teret vagy a Hősök terét, rendkívül nehéz úgy kamerázni, hogy a rendszer a tér minden pontját szemmel tudja tartani. Bizonyos esetekben a PTZ kamerák erre megoldást nyújtanak, ugyanakkor ilyenkor azonnal megjelenik két kérdés az állampolgárok részéről: „*Miért pont oda néz a kamera?*” és „*Miért nem oda nézett, ahova kellett volna?*” Mint azonban tudjuk, egy kamera egyszerre csak egy irányba tud nézni és látószöge a zoom¹ mértékének függvényében változik. [5] Ez megnehezíti a tervező és az üzemeltető dolgát is. Meg kell vizsgálni, hogy mik a frekvenciált közlekedési útvonalak egy adott területen, és melyek azok az „eldugott szegletek”, amelyek kockázati szempontból problémásak lehetnek. Át kell továbbá gondolni, hogy mely tereptárgyak akadályozzák a kamerákat.

Egy ilyen bonyolult probléma feloldását segítheti egy olyan rendszer használata, ahol a nagy tereket 360 fokos kamerarendszerek figyelik, amelyek nem feltétlenül bírnak óriási felbontással és zoom képességekkel, de jó áttekintést nyújtanak egy adott területen, és képesek előállítani egy panorámaképet. Ezen emberi erővel és szoftveres támogatással fel lehet ismerni, ha valamilyen incidens történik (pl. bűncselekményt követnek el), majd az elkövetőt a tér elhagyására lehetőséget nyújtó útvonalakon elhelyezett kamerákkal - amelyek nagyobb

¹ Ilyenkor a gyakorlatban csak optikai zoomról lehet beszélni, hiszen a digitális zoom nem képes új részleteket feloldani a képen.

zoom képességekkel és mozgathatósággal rendelkeznek -, már lehet követni.

Fontos megemlíteni a külső IR világítótesteket, amelyeket legtöbbször a kamerák alá szoktak elhelyezni. Újabban ezek nagyon népszerűek, holott az alkalmazhatóságuk korlátolt – főleg belső területeken alkalmasak, és ott is csak korlátozott távolságokban. A megvilágítás a megvilágítandó terület távolságának négyzetével fordítottan arányos [6] – tehát minél messzebbre akarunk elvilágítani, annál kevesebb fény fog megérkezni a felületre. Ezen felül a felület színe, érdessége, valamint a beesési szög is jelentősen befolyásolja a megvilágítás erősségét. Az alábbi ábra jól szemlélteti ezt.



1. ábra Megvilágítás mértéke a távolság függvényében;
Forrás: internet

Míg belső terekben ritkán találhatók 10-15 méternél nagyobb távolságok, egy térfigyelő rendszer esetében ez már nem elképzelhetetlen. Hogy jobban el lehessen képzelni, hogy 10 Lux mekkora megvilágítást jelent, ez az érték a „vaksötét” és a „derengő napkelte teljes felhőtakaró esetén” közti határérték. [7]

Az alábbi képek saját készítésűek, és a Györköny település Takarékszövetkezetének épületére felszerelt kamerát ábrázolják. Fontos megjegyezni, hogy a kép a saját kamerám jó minősége miatt sokkal világosabbnak tűnik, mint amilyen valójában volt. A kép készítésének idejében már erős szürkület volt, az emberi szem számára gyenge fényel. A képeken jól látható, hogy a közvilágítást már felkapcsolták. A képek semmilyen utófeldolgozáson nem estek át, és látszik rajtuk, hogy mekkora a különbség a közvilágítás lámpáinak fényereje és az IR lámpa között. Az IR lámpa még sötét háttér előtt, a kamerához jóval közelebb is csekély fényerőt tudott produkálni a közterületi lámpákhoz képest.



2. ábra Közterületi lámpák és IR fényvető közti különbség;
Forrás: Saját készítés

3.3 Következtetés

Az IR megvilágításnak kültéren nem feltétlenül van értelme. Egy megfelelően nagy teljesítményű IR vető ugyanis, amely képes nagyobb távolságokat is bevilágítani, sok áramot fogyaszt, nagyméretű (messziről is kiszűrhető egy egyszerű mobiltelefon kamerájával) és drága. Az áramfogyasztás említése térfigyelő kamerarendszerek esetén feleslegesnek tűnhet. Ennek megítéléséhez azonban érdemes tudni, hogy az önkormányzatok a felszerelt kamerahelyek után többségében bérleti díjat fizetnek az épület üzemeltetőjének vagy tulajdonosának, az áramfogyasztás pedig külön tétel, emiatt rendszerint döntési szempont.

Ilyen megoldások helyett közterületen történő megfigyelés esetén sokkal célszerűbb gondoskodni a megfelelő közvilágításról, a megfelelő érzékenységu kameráról, valamint arról, hogy a közvilágítás ne vakítsa el a kamerákat. Rövid távon ennek nagyobb lehet a költsége, ugyanakkor a biztonságot nem mindig lehet pénzre váltani (továbbá a közvilágítás áramfogyasztása más költségvetésből megy). Ezen felül a jó közvilágítás önmagában jelentős elrettentő hatással bír a bűnözők számára, [8] így egy infravetővel szemben növeli a biztonság szintjét is.

3.4 A kamera képességeinek vizsgálata

Ismerve a feladatot és a helyszínt, meg kell vizsgálni, hogy mik a szoba jöhető kamerák képességei. Természetesen azt nem lehet mondani, hogy egy kamera önmagában véve jó vagy rossz, ugyanis az mindig a definiált feladat függvénye, hogy képes-e azt ellátni. Az alábbiakban megvizsgálók néhány igen fontos paramétert, amely nagy jelentőséggel bír a megfelelő eszköz kiválasztása szempontjából.

3.4.1 Felbontás és zoom

Az egyik legfontosabb tulajdonsága egy kamerának a felbontás, ami azonban önmagában nem mond el elég információt magáról a kameráról. A felbontás azt mutatja meg, hogy a megfigyelt képet hány pixelként reprezentálja az eszköz. Könnyen belátható, hogy minél nagyobb a felbontás, annál részletesebb információkat nyerhetünk ki a képekből később. Ennek például akkor van jelentősége, ha utólag, digitálisan kell ráközelíteni valamilyen rögzített eseményre. Kis felbontások esetén hamar „pixelessé” válik a kép, míg nagy felbontásoknál ez a probléma jóval később jelentkezik. Ez a paraméter az arcfelismerést és a szövegek olvashatóságát is befolyásolja a felvételen. Hatással van azonban az adatfolyam méretére is – minél nagyobb, annál magasabb sávszélességre van szüksége egy-egy kamerának. [9]

A közelítési képesség általában egy külső eszköz, az objektív segítségével történik. Az optikai zoom-olás esetén a kamera látószögét cseréljük részletesebb közeli képekre. Fontos, hogy ebben az esetben a felbontás „nem veszik el”, tehát a közeli képről több részlethez fogunk jutni (szemben a digitális zoom-mal). A lensét úgy kell megválasztani, hogy a vizsgálandó területet lefedje a kamera wide (azaz kizoom-olt) állásban, de kellő mértékben rá is tudjon közelíteni a részletekre. [10] Ezt

azonban leginkább csak belső terek esetében lehet maradéktalanul megvalósítani, ugyanis kültéren egy nagyobb tér esetén hatalmas objektívekre lenne szükség, hogy bármire rá tudjunk zoom-olni, de az egész teret is beláthassuk, ha úgy kívánjuk.

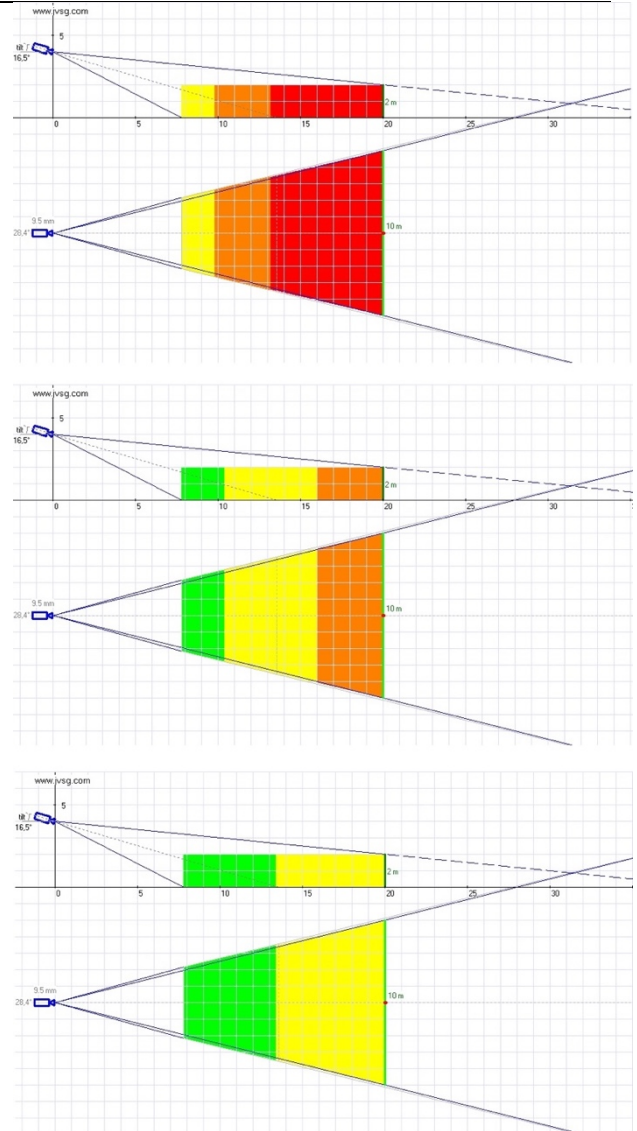
3.4.2 Fényérzékenység, WDR

A kamerák az emberi szemnél sokkal érzékenyebbek, kevesebb fény mellett is adnak értékelhető képet. Ebben a témakörben két fontos dolgot kell átgondolni. Egyrészt a legtöbb kamera, ha lát is a sötétben, nem valódi éjjellátó, ezért teljes sötétségben valamilyen kiegészítő megvilágítási megoldásra van szükség. Ennek korlátait már láthattuk. Másrészt, a kameráknál problémát okozhat, ha olyan területet figyelnek meg, ahol a kép egyik fele nagyon világos a másik pedig nagyon sötét. Ezt ellensúlyozza a WDR funkció (Wide Dynamic Range, magyarul széles dinamikataromány), amely lehetővé teszi, hogy a kamera ne vakuljon el az erős fénytől, ha odafókuszál, sötétté téve a kép többi részét. [11]

3.4.3 Arcfelismerési képesség

Az általánosan elfogadott nézet az, hogy a jó arcfelismeréshez szükséges képminőség esetén, egy emberi arc két szeme között legalább 60 pixel legyen. A műszaki határérték ennek fele, nagyjából 30 pixel, azalatt az algoritmusok elfogadható pontossággal nem képesek arcfelismerésre. Az alábbi ábrán látható, hogy a felbontástól függően milyen arcfelismerési képességgel rendelkeznek az egyes kameratípusok. Az összehasonlíthatóság kedvéért közterületeken általánosan mondható szerelési és távolsági paramétereket alkalmaztam a szimulációban.

A kamera szerelési magassága 4 méter, és egy 20 méter távolságban álló, két méter magas referenciaszemélyt vizsgálunk oly módon, hogy a kamera látószöge 20 méter távolságban 10 méter belátására legyen elég (28,4°-os látószög). Ezt az adott szerelési magasság mellett egy 9,5 mm-es lencsével lehet megoldani. Az ábrán egy 1,3 MP-es, egy 3 MP-es és egy 5 MP-es kamera látható egymás alatt ebben a sorrendben, mindegyik kameránál oldal- és felülnézetben. A zöld szín jó minőségű arcfelismerést jelent, a citrom- és narancssárga színek közepes és gyenge arcfelismerést reprezentálnak, míg a piros zónában nem lehetséges az arcfelismerés. Az ábrákról jól látható, hogy már ilyen csekély távolságokban is problémát jelenthet egy átlagos kamerának az arcfelismerés, és még egy viszonylag nagy felbontású kamera esetében is csak kicsi az a zóna, ahol jó eséllyel sikeresen ismer fel bárkit az algoritmus. Belátható, hogy egy nagy közterület így nem figyelhető meg. Az előzőekben, az IR megvilágításnál említett módszer inkább nyújt lehetőséget hatékony megfigyelésre.



3. ábra Arcfelismerési távolságok különböző kamerák esetén;
Forrás: Saját szerkesztés

3.4.4 Tömörítés

A tömörítés rendkívül fontos, ugyanis a nyers video stream még alacsony FPS (Frames Per Second, magyarul képváltás másodpercenként) értékek esetén is rendkívül nagy méreteket tud ölteni, hiszen ebben az esetben $\text{Felbontás} \times \text{FPS} \times \text{Színmélység}$ képlettel számíthatjuk ki a másodpercenkénti sávszélesség igényt. [12] Ez egy 10 FPS sebességű Full HD felbontású, 32 bites színmélységű stream esetén például 663,552 Mbps-t jelent, tehát egy gigabites hálózat sávszélességének több, mint felét. Hogy megértsük, sok vagy kevés-e a 10 FPS, tudni érdemes, hogy az agy a szem által 24 FPS-től látja teljesen folyamatosnak a képsorozatot. [13]

A tömörítés tehát az adatcsomagok méretének csökkentését szolgálja. Két típusát ismerjük: a veszteségmentes és a veszteséges tömörítéseket. Veszteségmentes tömörítés esetén a visszaállított kép pontosan megegyezik a tömörítés előttiével, azonban az így nyerhető sávszélesség csökkenés nem kifejezetten nagy,

ezért biztonsági kameráknál nem is alkalmazzák. A veszteséges tömörítésnél egyes, nem túl szignifikánsnak ítélt részleteket a megfelelő szoftveres algoritmusok elhagynak, ami már jelentősen csökkenti az igényelt sávszélességet. [14] A fenti példában szereplő adatfolyam, az egyik elterjedt tömörítési eljárás, a H.264 alkalmazása mellett már csak néhány megabitnyi sávszélességet foglal. Megjegyzendő azonban, hogy a veszteséges tömörítési eljárások, nevükből is adódóan, képvesztést okoznak, amelyek bizonyos típusú felhasználási körülmények esetén, például sportrendezvények nézőfigyelése, elégtelen képi információt eredményezhetnek. Ennek műszaki ismertetése azonban nem jelen tanulmány tárgya.

3.4.5 Egyéb funkciók

Egyéb funkció alatt egyébként a hang továbbításának képességét, beépített IR mozgásérzékelőt, és a különböző egyéb beépített funkciókat értjük, amelyek a kamerában is megtalálhatók (de manapság már általában a vezérlő szoftver látja el a feladatot). Ilyen például a képen lévő mozgásérzékelés, a különböző számláló funkciók, stb.

Ezeknek kisebb telepítéseknél van jelentősége, ahol nem feltétlenül kíván a megrendelő egy drága videoanalitikai szoftverre is beruházni.

4 A HÁLÓZAT PARAMÉTEREI

Először is definiálni kell a hálózat fogalmát. A modern IP kamerák esetében ez egy olyan kommunikációs médium, amely TCP/IP alapú címezéssel és útválasztással működik. Fizikai szinten ez az egyszerű UTP kábeltől a koaxiális kábelen keresztül az optikai kábelig bármi lehet, de leggyakrabban ezek kombinációja. A hálózatoknak a kamerarendszer szempontjából két csoportját lehet megkülönböztetni: a dedikált hálózatot és a publikus hálózatot. Az alábbiakban megvizsgálom mindkét lehetőséget, hogy mit kell figyelembe venni a tervezés során. [15]

Fontos megjegyezni, hogy akár publikus, akár dedikált hálózatról beszélünk, természetesen ezt csak az első aktív² hálózati eszköztől lehet értelmezni (amely jellemzően egy switch). Odáig minden eszköz a saját kábelén kommunikál.

Dedikált hálózatnak nevezzük azt, amelyen fizikailag is kizárólag a kamerarendszer adatforgalma található meg (tehát a VLAN-t sem sorolhatjuk ide). Ennek nyilvánvalóan több előnye is van, és az első maga a fogalomból származtatható: az adatforgalom fizikailag szeparálásra kerül minden más adatforgalomtól (és főleg az internettől), amely a támadhatóságot jelentősen csökkenti. Ugyanakkor a dedikált alkalmazásnak dedikált eszközökre is van szüksége.

Kitérek arra – bár ez a publikus hálózatok problémája is –, hogy a mobil elérés néhány kivételtől eltekintve nem tekinthető biztonsági szempontból jó megoldásnak. Amint kikerül az adatforgalom az internetre, az feltörhetővé válik, és még megfelelő biztonsági intézkedések esetén is

hozzáférhetnek rosszindulatú személyek a kameráink képehez.

Erre is van azonban ellenpélda. Nagyobb vállalatok, esetleg önkormányzati, rendvédelmi, katonai vagy kormányzati alkalmazások esetében, főleg, ha nagy területről beszélünk, az intézkedő élőrönek szüksége lehet arra, hogy élőben lássák a kamerák képeit. Ilyen esetben már hadrendbe állíthatók erős titkosítási és biztonsági megoldások, amelyek csökkentik a támadhatóságot. Például a rendőrség számára, akik egy elkövetőt üldöznek, aktív hozzáférés a kameraképekhez egy járőr kocsiban felbecsülhetetlen. Jelenleg Magyarországon erre csak igen korlátozottan van lehetőség. Egyrészt a jogi környezet miatt, másrészt pedig a szükséges szoftverek, eszközök és infrastruktúra beszerzése és/vagy kiépítése jelentős anyagi teher, valamint jelentős sávszélességet igényelne mobilinternet hálózatokból. Ugyanakkor, ez a terület kellően dinamikus fejlődik ahhoz, hogy a lehetőség meglegyen, technológiai oldalról.

Publikus hálózatok esetében az előző gondolatban megismert problémákon kívül, a rendelkezésre álló sávszélesség kérdése, amit vizsgálni kell. Természetesen, dedikált hálózatokban is lehet ez kérdés, ha sok a kamera, de a gigabites hálózatok korában egy 1080p felbontású, H.264 tömörítést alkalmazó, 10 FPS-sel működő, a nap 24 órájában rögzítő kamera mindössze 1,6-4³ Mbps sávszélességet foglal el. Ilyen beállítások mellett nagyjából 400 kamerát lehet egy gigabites hálózatra illeszteni. Ugyanakkor, pont egy több száz kamerából álló rendszer nem fog, nagy valószínűséggel, dedikált hálózaton futni. Ilyenkor pedig a rendelkezésre álló sávszélességnek mind technológiai, mind pedig anyagi vonzatai vannak - ezen felül közvetve befolyásolja a szerver szükséges paramétereit is.

A kamera tulajdonságai itt ismét előtérbe kerülnek: képes-e olyan tömörítést, képminőséget és képkocka sebességet biztosítani, amelyre az adott felhasználáshoz szükség van?

Végül pedig meg kell fontolni, hogy a publikus hálózatok esetében a rendelkezésre állás a szolgáltatótól függ, és esetenként kiesésekkel kell(-het) számolni. Ilyenkor fontos lehet, hogy a kamerák offline módban is képesek legyenek rögzíteni. Manapság a legtöbb IP kamera a piacon képes arra, hogy SD kártyára rögzítsen adatokat, azonban ez természetesen plusz költséget jelent, hiszen egyrészt megfelelő méretű SD kártyát kell választani (egy térfigyelő rendszer esetében akár egy napra elegendő tárhely is kellhet), és ennek kellően gyorsnak kell lennie (az írási sebességnek elegendőnek kell ahhoz lennie, hogy a kamera képét rögzíteni tudja).

Főleg kisebb alkalmazások esetében, a hálózat fogalomkörébe tartozik a tápellátás kérdése is. A legtöbb modern IP kamera már támogatja a PoE (Power over Ethernet), azaz a csavart érpár típusú kábeleken történő

² Hálózati értelemben aktív eszköz, amely a csomagokat bármilyen módon irányítja a hálózat elemei között.

³ Az aktuális sávszélesség nagyban függ a képminőségtől és a képen található részletek mennyiségétől

tápellátás) lehetőségét. Ezt kameránként egy-egy adapterrel, de akár egy PoE képességű switch-hel is meg lehet oldani. Ugyanakkor a méretezésnél egy központibb (tehát nem a végpont közvetlen közelében lévő) betáplálás korlátokat szab a hálózatnak, ugyanis a tápellátást, ahogy az adatforgalmat sem, nem lehet a végtelenségig átvinni. Nagy távolságok esetén (amely távolság minden esetben a tápegység és az alkalmazott kábel függvénye) ismétlődik lehet szükség, amelyek saját tápellátásra szorulnak. Ilyen esetekben meggondolandó, hogy nem célszerűbb-e lokális tápellátást alkalmazni. [16]

További kockázati tényező, amely az alkalmazástól függően lehet csekély vagy nagymértékű, hogy mekkora a veszélye a központi tápellátás elvesztésének baleset, vagy szabotázs következtében. Egy néhány kamerából álló rendszer esetében, például egy irodaépületben, a központi tápellátás teljesen jó megoldás lehet, hiszen a távolságok jellemzően kicsik az utolsó aktív eszköz és a kamerák között, valamint a hibákat relatíve gyorsan meg lehet találni és el lehet hárítani. Ezen felül a kábeleket a legtöbb esetben el lehet úgy vezetni, hogy ne legyen túl egyszerű szabotálni.

Egy térfigyelő rendszer esetében már más a helyzet. Ott, az infrastruktúra kiépíttességének függvényében nagyobb távolságokról is beszélhetünk, amely ismétlődik beiktatását teheti szükségessé, amelyek felesleges költségöbbléte tehetik egy PoE switch alkalmazását, valamint a hibákat is nehezebb kiküszöbölni, megtalálni. Ilyen esetekben minimum lokális szünetmentes tápegységek (pl. akkumulátor) telepítése javasolt, amely képes áthidalni egy kisebb áramkimaradást. Ezen felül sok esetben gazdaságosabb lehet a lokális tápegység alkalmazása. Mivel a kockázati tényezők kiküszöbölése gyakran okoz költségnövekedést, ebben a kérdésben fontos elsőre meghozni a helyes döntést.

5 A SZERVER ÉS A KLIENSEK PARAMÉTEREI

Abban az esetben, ha a rendszer valamilyen videoanalitikai szoftver segítségével működik, és/vagy hosszabb távon tárolni kell az adatokat, mindenképp szükség van szerver és kliens gépekre. A szerver futtatja jellemzően a szoftvert, illetve felelős a képanyag tárolásáért, míg a kliensek a felhasználóknak nyújtanak interfészt a rendszerhez.

5.1 A szerver elhelyezése és biztosítása a cél függvényében

Mivel a szerver maga a lelke a rendszernek, ezért annak megfelelő elhelyezése kiemelten fontos a rendszer működési biztonságának szempontjából. Amire mindenképp oda kell figyelni, hogy a helyiség, ahova kerül, idegenektől és illetéktelenektől védett, megfelelően zárható és megfigyelt legyen. A beléptető rendszer használata mindenképpen javasolt. Magának a helyiségnek megfelelő légkondicionáló rendszerrel kell rendelkeznie, mert egy szerver és háttértárpark jelentős mennyiségű hőt képes termelni, amely rövid távon rontja a rendszer teljesítményét, hosszabb távon pedig tűzveszélyes is lehet. A termet továbbá olyan

oltóberendezésekkel kell védeni, amelyek a hardverelemekben nem tesznek kárt (pl. CO₂ vagy N₂ alapú rendszerek).

5.2 A releváns paraméterek vizsgálata

A szerverek esetében javasolt olyan gépeket beszerezni, amelyek megfelelő támogatást nyújtó gyártótól származnak. Ha ugyanis a rendszer egyik eleme kiesik, az a rendszer részleges, vagy teljes leállását okozhatja – ezért itt nagyon fontos a megfelelő assistance szolgáltatás. Gyakran találkozom akár önkormányzati, közterület-felügyeleti üzemeltetésben lévő rendszerekkel, ahol a beszerzési költséghatékonyság érdekében ún. összerakott gépet üzemeltetnek. Ezek működésbiztonsági kockázata triviális.

A szerver- és kliensgépeket úgy kell méretezni, hogy meg tudjanak birkózni az őket érő terheléssel, tehát erős processzor és videokártya szükséges. Utóbbi a kliensek esetében kifejezetten fontos, ugyanis több, nagy felbontású kijelzőn folyamatos, akadás-mentes képet kellhet megjeleníteni. Ehhez természetesen megfelelő memória is szükséges.

A rendszerek alapjait SSD-kkel (Solid-state Drive, magyarul félvezető alapú meghajtó, tartós állapotú meghajtó, vagy szilárdtest-meghajtó) célszerű megvalósítani, ugyanis azok kellően gyorsak ahhoz, hogy szintén akadás-mentesen tudják ellátni feladataikat. Ez ugyanakkor a video háttértárra nem igaz. Ott a merevlemezek (HDD-k) jelentik a jó választást, ugyanis olyan sokszor kell felülírni őket, amelyeket az SSD-k ma még nem tudnak elviselni, valamint egy mechanikailag sérült HDD-ről könnyebb visszanyerni az adatokat, mint egy SSD-ről. Itt azonban olyan lemezeket kell választani, amelyek kifejezetten folyamatos használatra lettek tervezve, mechanikus alkatrészeik pedig elbírják a rájuk rótt terhelést.

6 A SZOFTVER

A régebbi rendszerek esetében, ha volt is intelligensnek nevezett funkció, az jellemzően a DVR-be (Digital Video Recorder, magyarul digitális videó rögzítő) volt beépítve, vagyis egy fix hardverelem rendelkezett bizonyos képességekkel, amiket adott esetben alkalmazhattunk. Ez többnyire kimerült abban, hogy ha mozgást érzékelt a képen, képes volt elindítani a rögzítést és/vagy fény- és hangjelzést adni a kezelőszemélyzet számára.

Az utóbbi években azonban ez jelentősen megváltozott. A DVR-eket felváltották a rögzítő szerverek, a szerverekre szoftverek kerültek, a kamerák pedig „intelligensebbek” lettek. Itt jegyzem meg, hogy az intelligens elnevezés mennyire helytelen. Ezt a köznyelv, és sajnos a szakmai nyelvezet is az angol nyelvből vette át, miközben a megnevezés alatt értett funkciók valójában algoritmizált biztonsági vagy kényelmi kiegészítő szolgáltatásokat jelentenek. Az okok a marketingcélokban keresendők.

Ezen jelzett új szolgáltatások között megtalálhatjuk az arcfelismerést, virtual tripwire⁴ funkciót, különböző számláló funkciókat, tárgyérzékelést stb. Újabban már az egyes kamerákban magában is megjelennek ilyen funkciók, amelyek kiválthatják a fejlettebb szoftvereket kisméretű telepítések esetén (pl. egy kamera egy kis üzletben).

Egy nagyobb rendszer esetében egy szoftver kiválasztásánál fontos, hogy a későbbiekben bővíthető lesz-e a rendszer (ahogy azt a szervemél is láthattuk), valamint, hogy képes-e azokat a feladatokat ellátni, amikre a megrendelőnek szüksége van. Szintén fontos paraméter a támogatás rendelkezésre állása is: hiába olcsó egy szoftver, ha nincs mögötte professzionális support probléma esetére.

7 ÖSSZEZÉS

Mint láthattuk, egy IP kamerarendszer megtervezése rendkívül komplex feladat, és nem lehet előre minden körülményre felkészülni. Másként fogalmazva, e rendszerek esetén sincs 100%-os biztonság és eredményesség. Ugyanakkor, a lehetőségekhez mérten szükséges figyelembe venni a tervezhető paramétereket, és minimalizálni a kockázatot. Ez így természetesen a „common sense”, avagy józan paraszti ész kategóriájába tartozik, hiszen ki ne gondolna arra, hogy legyen minél jobb a rendszer. Az azonban, hogy *mitől* is lesz jó a rendszer, már nem annyira egyértelmű. Hiszen például attól, hogy valami nagyon drága, még nem biztos, hogy jó is *az adott alkalmazásban*. Arra is oda kell figyelni, hogy mi tekinthető alul- és mi tekinthető felülparaméterezett ajánlatnak. Mindkét esetben át kell gondolni, hogy vajon tényleg arra a rendszerre van-e szükség. Tisztességes tervezőként pedig oda kell figyelni arra, hogy a felhasználó megértse, hogy miért azt ajánljuk neki, amit. Meg kell válaszolni a projekt elején feltett kérdéseket számára is érthetően, így biztosítva, hogy elégedett legyen a későbbiekben átadott rendszerrel. Azt is elmondhatjuk, hogy nem elég, ha a rendszer „intelligens”, a mögötte meghúzódó logikának és a kezelőszemélyzet képzettségének is rendkívül nagy szerepe van abban, hogy kiaknázható legyen az összes, benne rejlő lehetőség.

Mindez pedig azt is jelenti, hogy egy általános rendszerkövetelmény definiálásának a korlátja maga az a tény, hogy az amúgy igen összetett, sok elemből álló térfigyelő kamerarendszer sikerének egyetlen kulcsa az adott helyre és célra tervezett, más szóval feladatorientált alkalmazás megvalósítása.

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] TÓTH L.: *CCTV magyarul*, Budapest: BM Nyomda, 2004. (ISBN 963 217 074 1)
- [2] LIEBMANN G.: *Alapvető hasonlóságok és különbségek az analóg és az IP kamerarendszerek között* - Hadmérnök, XII. Évfolyam 3. szám, 2017. szeptember
- [3] BEREK L. – BEREK T.: *Személy- és vagyónbiztonság*, Budapest: ÓE-BGK 3071, 2016. (ISBN 978-615-5460-94-4)

⁴ Virtuális buktatózsinór: a funkció lényege, hogy ha egy mozgó elem áthalad egy előre meghatározott vonalon/területen, a rendszer végrehajt egy felhasználó által definiált lépést.

- [4] KRUEGLE, H.: *CCTV Surveillance Video Practice and Technology Second Edition*, Elsevier Butterworth-Heinemann, 2006. december (ISBN: 9780080468181)
- [5] CABASSO, J.: *Analog vs. IP Cameras*, New York: Aventura Technologies Inc., New York, 2009.
- [6] ARATÓ A.: *Világítástechnika*, 2.1. javított és bővített kiadás, Budapest: 2003.
- [7] LANTOS T. – NAGY J.: *Világítástechnikai kislexikon*, Világítástechnikai Társaság, 2001
- [8] LASZ GY.: *A legjobb gyakorlat: fejlesztés és fejlődés* – Hadmérnök, VI. évfolyam 1. szám - 2011. március
- [9] HORVÁTH T.: *IP alapú CCTV rendszer?* – Hadmérnök - VIII. Évfolyam 2. szám - 2013. június
- [10] OTTI CS.: *Arcfelismerő rendszerek problémái*, Bánki Közlemények, Tavaszi Biztonság-technikai Szimpózium 2014, Óbudai Egyetem (ISBN 978-615-5018-27-5)
- [11] YANG, W.: *A wide-dynamic-range, low-power photosensor array*, San Francisco, CA, USA: IEEE, 1994.
- [12] READ P. - MEYER M-P.: *Restoration of Motion Picture Film*, Oxford: Butterworth-Heinemann, 2000 (ISBN 0 7506 2793 X)
- [13] OTTI CS.: *Térfigyelő rendszerek arcfelismerési lehetőségeinek gyakorlati problémái, Biztonsági kockázatok*, Rendészeti válaszok, Nemzetközi Tudományos Konferencia, MRTT, 2014
- [14] ALFÖLDI A.: *Digitális képfeldolgozási műveletek a diszkrét wavelet transzformált tartományban*, Budapest: BME Elméleti Villamosságtan Tanszék, 2003.
- [15] PETHŐ Z.: *Vezeték nélküli hálózatok titkosítása*, Hadmérnök - VI. évfolyam 1. szám - 2011. március
- [16] RAMON, M. C.: *Intel® Galileo and Intel® Galileo Gen 2*, Apress, 2014. (ISBN 978-1-4302-6839-0)

A right to privacy as a fundamental human right in correlation with data protection

A magánélethez való jog mint alapvető emberi jog az adatvédelemhez való viszonyulás tekintetében

Ivona Ninkov

‘Rights 4 All’, Novi Sad, Serbia

ivonakakas@yahoo.com

Abstract — This paper presents a general overview of the rights to privacy as a fundamental human right in the correlation with data protection. The paper aims to illustrate how rights of privacy are developed after the Second World War and the data protection regulation after the case of *Snowdan*. It clarifies the difference between the right to privacy and data protection in the lights of the General Data Protection Regulation, which entered into force on May 25th, 2018. The paper outlines data protection terminology, people’s rights and how these rights are enforced through international legal treaties. During the research the author used a comparative method to find the similarity and differences between the privacy rights and personal data protection focusing on the rich jurisprudence of the European Court of Human Rights (ECtHR) and the Court of Justice of the European Union (CJEU). In the paper it is concluded that the right of privacy and the right of personal data protection are closely linked, but they should not be considered to be identical.

Keywords: right to privacy, human rights, data protection, security, legal treaties.

Összefoglalás — Ez a cikk általános képet nyújt a magánélethez fűződő jogokról, mint alapvető emberi jogról, az adatvédelemmel összefüggésben. Tanulmány célja annak bemutatása hogy a második világháború után hogyan alakult ki a magánélethez való jog. Tisztázza a magánélet és az adatvédelmi közötti különbséget az Általános adatvédelmi szabályozás fényében amely 2018. május 25-én lépett hatályba. A cikk felvázolja az adatvédelmi terminológiát, az ember jogait és ezek a jogok érvényesítése nemzetközi jogi egyezmények alapján. A szerző összehasonlító módszert alkalmazott a magánélethez fűződő és a személyes adatok védelme jogokra különös hangsúlyt fektetve az Emberi Jogok Európai Bíróságának és az Európai Unió Bíróságának gazdag ítélkezési gyakorlatára. A jogi kérdéseket vizsgáló kutatás során arra a következésre jutott, hogy a személyes adatok és ezek védelme szorosan összefüggnek az Emberi Jogok Európai Bírósága és az Európai Unió Bírósága tapasztalata szerint, de nem feltétlenül azonosnak kell lenniük.

Kulcsszavak: a magánélethez való jog, emberi jogok, adat védelem, biztonság, jogi szerződések.

1 INTRODUCTION

The rapid technological development of the society in the past decades has made a significant impact on our lives and created a requirement for new legal solutions. In recent years during the Third Industrial Revolutions new types of communication between individuals is developed. Let us mention the most often used ones:

- the Internet
- e-commerce,
- social networks, etc.

These technologies require and apply many personal data (name, surname, postal and e-mail address, photo, IP address, location data, date and place of birth and so on). The main question is, whether the basic human right for privacy is disturbed due to publishing of personal data? The problem is how safely to store these data and protect them of the abuse. In addition, it is the question how the public notation of the data affects the personal safety. For sure, the legal advice is necessary. Namely, development has given rise to a plethora of legal problems, particularly in data protection law [1].

In this paper the regulation of protection of personal data in correlation with the right of privacy is investigated. An overview on legal acts dealing with problem of personal data protection is given. The right of privacy and the right of personal data protection are compared. Similarity and differences between these legal acts is set up. Based on these conclusions, a suggestion for application of the personal data protection regulation is given.

The paper has five sections. In the Section 2 the history of personal data collection procedures and the introduction of the basics of human rights in legal practice is presented. Section 3 explains the legal aspects of the personal data protection and the General Data Protection Regulation (GDPR) proclaimed by the European Union in 2018. In Section 4, the right for protection of personal data in correlation with basic human rights is discussed. The paper ends with conclusion.

2 HISTORIC OVERVIEW

During history, we are witnesses of the destructive power that information could have in the hands of the government. Unfortunately, information gathered for one purpose could be reused for a wide range of sinister purposes.

The great example for this is the method of collection the information about Jewish people during the Second World War. Have we ever asked ourselves how did Nazi authorities know exactly who was Jewish? How did they identify the most common Jewish residential areas?

After the Second World War this extreme example of abused identification made a ground for introducing of legal acts concerning one of the most important rights: the international human rights. As the special right is the right for privacy.

Nowadays, almost every country in the world recognizes the right to privacy in various international human rights legal instruments. It is enriched in the article 12 of the Universal Declaration of the Human Rights [2], article 8 of the European Convention on Human Rights [3], article 7 of the European Charter of Fundamental Rights [4], article 17 of the International Covenant on Civil and Political Rights [5], in Article 10 of the African Charter on the Rights and Welfare of the Child [6], article 11 of the American Convention on Human Rights [7], articles 7 and 8 of the Charter of the Fundamental Rights of the European Union [8], and article 21 of the Arab Charter on Human Rights [9]. Not only that the right to privacy is one of the fundamental human rights it is also a tremendously important social value.

However, an event in 2013 shows the defect of the existing documents in human rights. In June 2013, a National Security Agency contractor, Edward Snowden leaked documents on America's global surveillance which showed that the National Security Agency had backdoor deals with Silicon Valley companies, allowing them to use consumer data as the basis of their counterintelligence operations. At that time the existing legal documents were not enough specified to protect the personal data. Already that year a negotiation on legal regulation of personal data protection began.

In 2016 the European Union (EU) adopted a new legal framework - the General Data Protection Regulation (GDPR). It entered into force on 25th May 2018 and superseded the EU's 1995 Data Protection Directive and all member state law based on it, including the UK's DPA 1998 (Data Protection Act 1998). GDPR is the most comprehensive piece of data protection legislation in the world.

3 EXPLANATION OF GDPR

GDPR is a regulation (not a directive), which is under the EU law, directly applicable and there is no need for national implementation. GRPR provides consistent data protection rules throughout EU. It is truly important because it establishes an environment of legal certainty.

The GDPR extends the data rights of individuals (data subjects), and places a range of new obligations on organizations that process EU residents' personal data. GDPR is given in 11 Chapters divided into Sections and 99 Articles:

Chapter 1 - General provisions contains 4 articles: Subject – matter and objectives, Material scope, Territorial scope and Definitions.

The Chapter 2 – Principles has 7 articles: Principles relating to processing of personal data, Lawfulness of processing, Conditions for consent, Conditions applicable to child's consent in relation to information society services, Processing of special categories of personal data,

Processing of personal data relating to criminal convictions and offences and Processing which does not require identification.

Chapter 3 – Rights of the data subject is divided into 6 sections: Section 1 – Transparency and modalities with the article Transparent information, communication and modalities for the exercise of the rights of the data subject, Section 2 – Information and access to personal data with three articles (Information to be provided where personal data are collected from the data subject, Information to be provided where personal data have not been obtained from the data subject, Right of access by the data subject), Section 3 – Rectification and erasure with 5 articles (Right to rectification, Right to erasure ('right to be forgotten'), Right to restriction of processing, Notification obligation regarding rectification or erasure of personal data or restriction of processing, Right to data portability), Section 4 - Right to object and automated individual decision-making with two articles (Right to object, Automated individual decision making, including profiling) and Section 5 – Restrictions.

Chapter 4 – Controller and processor has 4 Sections: Section 1 - General obligations with 8 articles (Responsibility of the controller, Data protection by design and by default, Joint controllers, Representatives of controllers or processors not established in the Union, Processor, Processing under the authority of the controller or processor, Records of processing activities, Cooperation with the supervisory authority), Section 2 - Security of personal data with three articles (Security of processing, Notification of a personal data breach to the supervisory authority, Communication of a personal data breach to the data subject), Section 3 - Data protection impact assessment and prior consultation with two articles (Data protection impact assessment, Prior consultation), Section 4 - Data protection officer with three articles (Designation of the data protection officer, Position of the data protection officer, Tasks of the data protection officer), Section 5 - Codes of conduct and certification with four articles (Codes of conduct, Monitoring of approved codes of conduct, Certification, Certification bodies).

Chapter 5 - Transfers of personal data to third countries or international organizations has 7 Articles (General principle for transfers, Transfers on the basis of an adequacy decision, Transfers subject to appropriate safeguards, Binding corporate rules, Transfers or disclosures not authorized by Union law, Derogations for specific situation, International cooperation for the protection of personal data).

Chapter 6 - Independent supervisory authorities has two sections. Section 1 titled Independent status has two sections. The first section has four Articles (Supervisory authority, Independence, General conditions for the members of the supervisory authority, Rules on the establishment of the supervisory authority), while the Section 2 - Competence, tasks and powers has three Articles (Competence of the lead supervisory authority, Tasks, Power, Activity reports).

Chapter 7 - Cooperation and consistency includes 3 sections: Section 1 – Cooperation and 3 Articles (Cooperation between the lead supervisory authority and the other supervisory authorities concerned, Mutual assistance, Joint operations of supervisory authorities), Section 2 – Consistency with 5 Articles (Consistency

mechanism, Opinion of the Board, Dispute resolution by the Board, Urgency procedure, Exchange of information), Section 3 - European data protection board with 9 Articles (European Data Protection Board, Independence, Tasks of the Board, Reports, Procedure, Chair, Tasks of the Chair, Secretariat, Confidentiality),

Chapter 8 - Remedies, liability and penalties with 8 Articles (Right to lodge a complaint with a supervisory authority, Right to an effective judicial remedy against a supervisory authority, Right to an effective judicial remedy against a controller or processor, Representation of data subjects, Suspension of proceedings, Right to compensation and liability, General conditions for imposing administrative fines, Penalties).

Chapter 9 - Provisions relating to specific processing situations with 7 Articles (Processing and freedom of expression and information, Processing and public access to official documents, Processing of the national identification number, Processing in the context of employment, Safeguards and derogations relating to processing for archiving purposes in the public interest, scientific or historical research purposes or statistical purposes, Obligations of secrecy, Existing data protection rules of churches and religious associations).

Chapter 10 - Delegated acts and implementing acts with two Articles (Exercise of the delegation, Committee procedure) and Chapter 11 - Final provisions with 6 Articles (Repeal of Directive 95/46/EC, Relationship with Directive 2002/58/EC, Relationship with previously concluded Agreements, Commission reports, Review of other Union legal acts on data protection, Entry into force and application).

Some definitions and additional explanation to the Regulation is necessary.

3.1 Meaning of the Personal Data

First of all it is important to clarify the meaning of the term Personal Data - it means "any information relating to an identified or identifiable natural person ('data subject'). Namely, an identifiable natural person is one who can be identified, directly or indirectly, in particular by reference to an identifier such as [10]:

- a name,
- an identification number,
- an online identifier or
- personal data includes IP address, device ID and customer reference numbers
- one or more factors specific to the physical, physiological, genetic, mental, economic, cultural or social identity of that natural person. "

Personal data is any information relating to an identified or identifiable natural person ('data subject').

Let us mention some of these special categories of personal data are:

- Race
- Religion
- Political opinions
- Trade union membership
- Sexual orientation
- Health information

- Biometric data
- Genetic data

The last two data are recently introduced as specific for person identification.

3.2 Principles of data processing according to GDPR

Six general principles are prescribed for data processing in the GDPR:

- Processing has to be lawfully, fairly and transparently.
- Collection of personal data is allowed only for specific legitimate purposes.
- Apply adequately, relevantly and limited to what is necessary.
- Dates have to be kept up accurately to date, where necessary.
- Dates have to be stored only as long as is necessary.
- Appropriate security conditions have to be satisfied during the data processing.

These principles correspond to data protection ones.

3.3 Processing has to be legal

The processing with data has to be in accordance with the law. It is required:

- Subject to give his consent for data processing.
- Contractual obligations has to be met.
- Legal obligations have to be complied.
- Vital interests of the data subject's has to be protected.
- Data to be applied for tasks in the public interest.
- Data to be used only for the legitimate interests of the organization.

3.4 Compliance with the GDPR

The governance according to GDPR can be proved by various statements. Let us mention some of them:

- Establishing a governance structure with roles and responsibilities.
- Keeping a detailed record of all data processing operations.
- Documenting data protection policies and procedures.
- Carrying out DPIAs (data protection impact assessments) for high-risk processing operations.
- Implementing appropriate measures to secure personal data.
- Conducting staff awareness training.

If it is necessary the protection officer has to be appointed.

3.5 Privacy rights of individuals

In GDPR privacy rights of individuals are defined in 8 items:

- The right to be informed;
- The right of access;
- The right to rectification;
- The right to erasure;
- The right to restrict processing;
- The right to data portability;
- The right to object; and
- Rights in relation to automated decision-making and profiling.

3.6 Subject's valid consent

The GDPR introduces stricter rules for obtaining consent for data processing:

- Consent must be freely given, specific, informed and unambiguous.
- A request for consent must be intelligible and in clear, plain language.
- Silence, pre-ticked boxes and inactivity will no longer suffice as consent.
- Consent can be withdrawn at any time.
- Consent for online services from a child under 13 is only valid with parental authorisation.
- Organizations must be able to evidence consent.

Thus, GDPR brings us several improvements concerning data protection. For example:

- Privacy policies have to be written in a clear, straightforward language instead of using complicated terms,
- The user needs to give an affirmative consent before his/her data can be used,
- It cannot be assumed that the user's silence means consent to data processing.

According to GDPR different forms of expression of an assent could be given. The statement can be a written or an oral one.

Also, now businesses can collect and process data only for a well-defined purpose and not for different purposes than for the reason initially announced without informing the user about it.

3.7 Notices of transparency and privacy

GDPR prescribes how personal data is going to be processed, by whom and why. Organizations must be clear and transparent about the following:

- When personal data is collected directly from data subjects, data controllers must provide a privacy notice at the time of collection.
- When personal data is not obtained direct from data subjects, data controllers must provide a privacy notice without undue delay, and within a month. This must be done the first time they communicate with the data subject.
- For all processing activities, data controllers must decide how the data subjects will be

informed and design privacy notices accordingly. Notices can be issued in stages.

- Privacy notices must be provided to data subjects in a concise, transparent and easily accessible form, using clear and plain language.

3.8 Data protection realization procedure and prediction

Implementation of the data processing principles is effective with tendency of increase if suitable technical and organization measures are incorporated by data controllers and processors. Thus, it is required:

- Appropriate safeguards to be integrated into the processing.
- Data protection must be considered at the design stage of any new process, system or technology.

3.9 GDPR in Business

Application of GDPR in business is strictly defined.

- Businesses can collect and process data only for a well-defined purpose and not for different purposes.
- Reason for data collection has to be initially announced
- Data cannot be used without informing the user about it.

It gives much more restriction for data processing.

3.10 Where is the GDPR Applied?

GDPR is applied in all countries of EU. However, the data protections apply to all corporate entities that process the personal data of EU citizens, even if the processing of relevant data does not take place within the EU. Namely, the new regulation also contains restrictions on transferring personal data outside of the EU.

The new regulation also contains restrictions on transferring personal data outside of the EU. All the rights in the GDPR together are at the heart of the regulation's purpose—to give citizens back control over their personal data. Further more Under the GDPR, consent has to be unambiguous [11]. Thanks to GDPR, now more than 100 countries around the world have data protections law in place.

4 BENEFITS OF GDPR IN THE SENCE OF HUMAN RIGHTS

There is a greater need than ever before to strengthen the realization of the right to data protection as a fundamental human right owed to all individuals.

Analyzing the GDPR two question are generated: 1) What are the benefits of the regulation, and 2) How right of privacy acorrelate to the data protection declaration in the sense of the General Data Protection Regulation (GDPR).

It is obtained that the privacy is a value that the right to data protection seeks to protect.

There is a greater need than ever before to strengthen the realization of the right to data protection as a fundamental human right owed to all individuals. Examples of abused identification made a ground for adoption of international human rights treaties. Nowadays, the right to privacy is represented as fundamental human right, today.

Even though, GDPR is directly applicable, the Member States should update their existing national data protection laws. The DPA 2018 (Data Protection Act 2018) supplements the GDPR by filling in the sections of the Regulation that were left to individual member states to interpret and implement. These are:

- right to be forgotten- grants data subjects a possibility to have their personal data deleted if they don't want them processed anymore and when there is no legitimate reason for a data controller to keep it.
- easier access to your data
- the right to transfer of personal data from one service provider to another- The right to data portability can be exercised when the legal basis for lawful processing is either- consent, explicit consent or actual necessity
- clear and affirmative consent when it is required,
- information about data breach without delay – within 72 hours
- transparency about how your data is used with easy-to-understand information
- administrative and juridistical remedies in the case of violation
- Data protection originates from the right of privacy.
- Data protection and the right of privacy have the instrumental role in promoting fundamental values.

Even though the rights to privacy and data protection are commonly recognized all over the world, they represent two separate rights. They are both crucial components for a democratically oriented society. The data protection originates from the right to privacy and together they have the instrumental role in promoting fundamental values. It is very important to make it clear that the protection of personal data is of fundamental importance of the enjoyment of the right to privacy so, the right to respect for private life and the right to personal data protection, although closely related, are distinct rights. This distinction raises the question of the correlation and differences between these two rights.

Both of them protect the similar value – the dignity of human beings. Also, both of them represent the prerequisites for the exercise of other fundamental freedoms [12]. It is clear that privacy, itself a fundamental right, is a value that the right to data protection seeks to protect [13].

Data protection in the EU is much older and wider than the General Data Protection Regulation (GDPR) and it has already invited the highest Courts in Europe to weigh in on the protection of this right, so the term “any information” reflects the aim of the EU legislature to assign a wide scope to that concept, which is not restricted to information that is sensitive or private, but potentially encompasses all kinds of information, not only objective but also subjective, in the form of opinions and assessments, provided that it ‘relates’ to the data subject” [14].

5. CONCLUSION

The following is concluded:

1. The GDPR is not a total win for privacy advocates as it still has many loopholes. But without the glaring spotlight of the Snowden revelations, it would be far weaker.
2. As the right to privacy represents the fundamental human right, the personal data protection is the part of the human right legality. Protection of personal data is of fundamental importance of the enjoyment of the right to privacy.
3. At the moment GDPR is the most comprehensive piece of data protection legislation in the world.
4. Data protection and the right of privacy protect the similar value – the dignity of human beings.
5. Data protection and the right of privacy represent the prerequisites for the exercise of other fundamental freedoms.
6. Privacy and Protection of personal data are closely linked in the jurisprudence of
 - European Court of Human Rights and
 - Court of Justice of the European Union,but they should not be considered to be identical.
7. Even though, GDPR is directly applicable, the Member States should update their existing national data protection laws.

ACKNOWLEDGEMENT

I have to thank to the members of the ngo ‘Rights 4 All’ for supporting me in this investigation.

REFERENCES

- [1] Dasko, N. (2018). General Data Protection Regulation (GDPR) – Revolution Coming to European Data Protection Laws in 2018. What's New for Ordinary Citizens?
- [2] UN General Assembly, (1948). *Universal Declaration of Human Rights*, 10 December 1948, 217 A, article 12.
- [3] Council of Europe, (1950). *European Convention for the Protection of Human Rights and Fundamental Freedoms, as amended by Protocols Nos. 11 and 14*, 4 November 1950, ETS 5, article 8.
- [4] European Union, (2012). *Charter of Fundamental Rights of the European Union*, 26 October 2012, 2012/C 326/02, article 7.
- [5] UN General Assembly, (1966). *International Covenant on Civil and Political Rights*, 16 December 1966, article 17.
- [6] Organization of African Unity (OAU), (1990). *African Charter on the Rights and Welfare of the Child*, 11 July 1990, CAB/LEG/24.9/49 (1990), article 10.
- [7] Organization of American States (OAS), (1969). *American Convention on Human Rights, "Pact of San Jose", Costa Rica*, 22 November 1969, article 11.
- [8] European Union, (2012). *Charter of Fundamental Rights of the European Union*, 26 October 2012, 2012/C 326/02, article 7 and 8.
- [9] League of Arab States, (1994). *Arab Charter on Human Rights*, 15 September 1994, article 21.
- [10] – (2016). Regulation (EU) 2016/679 of the European Parliament and of the Council of 27 April 2016 on the protection of natural persons with regard to the processing of personal data the free movement of such data.
- [11] – (2016). Repealing Directive 95/46/EC (General Data Protection Regulation), *Official Journal of the European Union*, L119, 1-88, (4 May 2016), article 7.
- [12] – (2018). *Handbook on European data protection law*. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- [13] McDermott, Y. (2017). *Conceptualizing the right to data protection in an era of Big Data*. Big Data & Society.
- [14] – (2017). Protection of individuals with regard to the processing of personal data, Directive 95/46/EC, Article 2(a), Concept of ‘personal data’, Written answers submitted by a candidate in a professional examination — Examiner's comments with respect to those answers, Article 12(a) and (b), Extent of the data subject's rights to access and rectification, Case C-434/16, CJEU, Nowak.

What makes an information security training project successful?

Zsolt Szabó

Doctoral School on Safety and Security Sciences, Óbuda University
Budapest, Hungary
szabo.zsoltmihaly@phd.uni-obuda.hu

Abstract — Nowadays project management is a very important part of corporate culture. Organizations recognize that a modern and economical organization cannot be run and maintained without project management. Competitiveness requires processes to be planned, executed, checked and supervised; a basis for the survival of organizations is project management. In large international corporations and organizations, project planning has been considered important for a long time and in Hungary its importance is starting to be recognized. The Hungarian government has worked out an Infocommunications State Secretariat project management methodology in public administration and makes countless recommendations for organizing and running public administration organizations. Nowadays in state organizations, project management methodologies and their application is standard practice. IT security is keeping the IT components of organizational activities in the proper condition to achieve the goals. Security is an essential element of corporate operation – in an organization it is just as important as business conditions. Security is a complex concept; the individual areas are closely related and connected and depend on each other. Information security protects information from many threats (fire, water, other natural disasters, computer hacking, sabotage, software and hardware errors due to improper handling, viruses etc.) in order to ensure business continuity, minimize damage to business, and maximise the possibility of business and return on investment. The paper shows the tasks of project management through an information security training project, using concrete examples. All the selected examples have project-based planning and introduction, and represent project management-based thinking, but taking into account local expectations and exceptions.

Keywords: project management, IT security, e-learning, information security training

1 INTRODUCTION

We should strive to create complex organisational IT security to achieve business continuity, in which the processes of the individual areas are closely interconnected—their operation has an effect on the operation of the organisation [1] [2]. An IT project—based on its results—selects, introduces or develops IT solutions or information systems to realise the strategic goals of the organisation [3]. Since projects are not repeated under the same conditions, there are no universal recipes, only effective techniques that speed up implementation. Matching these to the project is a top priority for project management.

2 ABOUT PROJECT MANAGEMENT IN GENERAL

2.1 Project

A project consists of a multitude of subtasks, which constitute a process. Every task is a project that has a clearly defined goal, time, cost and expected performance. Based on the standards issued by the International Organisation for Standardisation (ISO), a possible definition of project is: A project is an individual process which is a group of activities undertaken, coordinated and controlled in order to achieve a set goal, and which has a clear starting and finish date and conforms to specific requirements, such as quality, resource and cost limits. In my paper I consider project organisational tasks within a timeframe, which probably could not be performed efficiently with the use of the routine basic functions of the organisation, due to their size, complexity, novelty or importance. The above characteristics require leaders to handle such tasks with a temporary organisational solution, specially focused on the successful execution of the project [4]. Fig. 1 shows that project management leads, organises and controls the activities of the project.



Figure 1: 5 Phases of Project Management [smartsheet.com and PMBOK® Guide]

Project management is an integrated management control system helping the success of the whole of the innovation process (the project itself), which includes the whole life cycles of the project, from defining the problem to implementation [5]. Project management is an area focusing on the organization and control of resources. Its aim is to make sure the goals of the project are successfully achieved within a given framework of time and cost, as a result of the work performed by the resources [6]. Since projects are not repeated with the same conditions, it is not possible to create recipes for their implementation, only

efficient techniques that create results faster. Matching these techniques with the project is a specially important task of project management. Important characteristics of projects covered by project management:

- the task is a one-time task, not repeated (standard solutions cannot be used)
- the task is complex (it requires the coordination of the work of the given area)
- the task can be precisely identified (in terms of goals, performance criteria, and time, cost and resource requirements)

2.2 The phases of a project

For organisations, the greatest challenge besides everyday operation is the proper preparation and implementation of projects [7]. While the control and execution of normal business processes have been fine-tuned for a long time, projects are always unique, with different goals, problems and participants. Therefore, the efficient and successful implementation of a project requires sound and tested methodology and an expert who is skilled in it (the project leader) [5]. The project is the end product of the implementation process. I divide projects into three phases in my paper (see Fig. 2).

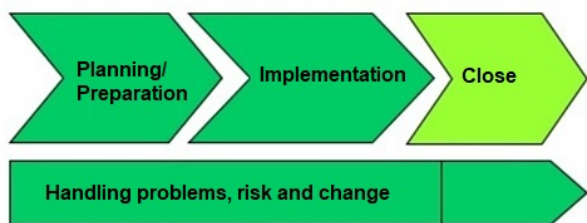


Figure 2: Typical development phases of an engineering project [Eszenyiné, 2014 and my own figure]

Planning phase: setting the goal(s), analysis of the situation and the problem(s), setting the parameters (money, time, human resource and material requirements), method of decision making and defining the roles. Its primary goal is to create a schedule of implementation of the project, which is basically a communication tool and incentive but also a tool of monitoring, and as such it must be able to handle any changes occurring during implementation. The most important methodological aspect of project planning is the selection of the form of planning matching the character of the project best (optimal form of planning).

Implementation (Execution) phase: Execution largely depends on preparation. Execution is successful if the work is characterized by transparency, flexibility and accuracy. The work is led by the project manager. The project manager leads the project, and is solely responsible for its execution, but especially for the performance parameters, costs and deadlines. Project management is leading, controlling and organising the execution of the project, and concentrating the resources, information and the methodological and technical tools for the purpose of reaching the goal(s) of the project. The tasks of project management can be documenting the project, collecting and transferring information, coordinating and organising the work, monitoring a deadlines and costs, obtaining permits, preparing and making decisions, checking the process, keeping in touch with partners, team building, and monitoring and evaluating internal and external feedback.

The project manager always gets their decision making power from the top management of the company. The authority of the project manager largely depends on their ability to influence, which is greatly influenced by their management style, in addition to other factors, such as professional competence, negotiation skills etc. Based on their management style, managers can be task-oriented or people-oriented. A project manager must be able to strike a balance between the task-oriented approach and the people-oriented approach.

Closing (Evaluation) phase: The closing phase includes evaluation in addition to follow-up work. It means that it is determined whether the goals have been reached, and what is thought about the work by the people who took part in it and the people for whom the work was done. Evaluation includes examining the results and the process leading to them so that we can learn from the successes and mistakes made, and the conclusions drawn can be used in the next project. The project should not just be evaluated through some indicators but through the whole process. Project management interprets the success of the project in three dimensions. A successful project is one that is executed according to the original schedule, the original professional requirements and within the original budget. The goal of evaluation is to determine whether the execution of the project was successful:

- for the customer, the project is successful if it ensures reaching the customer's goal;
- for the entrepreneur, the conditions of successful execution are connected to technical and performance parameters and keeping within the schedule and budget.

It is important that in addition to the general condition of success, the process is analysed based on the individual criteria of success as well.

2.3 The financial and economic evaluation of a project

Project life cycle analysis: Generally, the starting point of a project is the concept, the idea, which is connected to an assignment, a customer need or perhaps a novel idea. Its end is the product in the general sense, which is created when the project is finished, and which constitutes economic benefit for both the customer and the project manager. The most general project life cycle is similar to the life cycle of a product. In Fig. 3, the horizontal axis shows time and the vertical axis shows the resources used in the project (man-hours money etc.), that is, the work invested into the project [8].

Economic analyses according to the life cycle principle: One type of the analysis of projects is based on the whole life cycle of the end result of the project (Fig. 4). The basic assumption is that the output of the project can be sold on the market or can at least be numerically quantified. The costs incurred in execution are offset by the revenue of selling the results on the market. If the product is not sold but e.g. a technological development resulting in savings, then the costs are offset by the savings. Economic analysis does not only take into account the life cycle of the project but also the life cycle of the final product of the project as well. Economic analysis is therefore carried out taking into account all effects of the project.

3 THE SUCCESS FACTORS OF IT PROJECTS

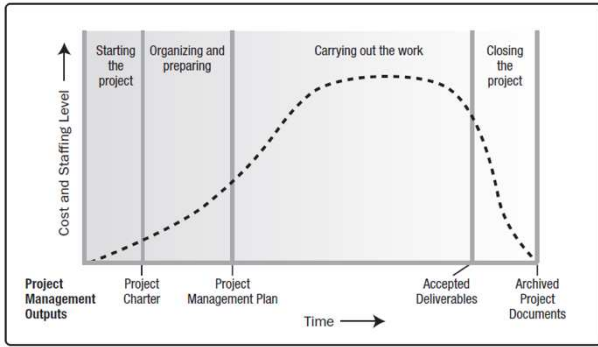


Figure 3: Life cycle phases of projects [kameliuk.com and PMBOK® Guide]

Fig. 4 shows how project life cycle and product cycle are related. Economic calculations made with Net Present Value (NPV), Internal Rate of Return (IRR) or the Profitability Index are to be made for the whole product life cycle [9]. In the case of product development projects, this principle has to be followed. Net present value shows the value of cash flows created during the term of the project (incomes and expenditures) discounted for the present. A project is worth executing if $NPV > 0$. The higher this value is, the better the project is. The Internal Rate of Return (IRR) is the r value where $NPV = 0$. The higher IRR is, the more favourable the project is considered. This value is directly comparable in the case of projects of different sizes, where the created NPV does not reflect success. The Profitability Index compares Net Present Value with the investments made into the project. A project should be executed if the profitability index is higher than 1. If it is less than 1, it means that the returns are less than the investment. In another type of analysis, the effects of the end product are not considered, and analysis is only done for the life cycle of the project. Analysis is done this way when the effects of the end product cannot be taken into account (e.g. a project of organizational change) [10].

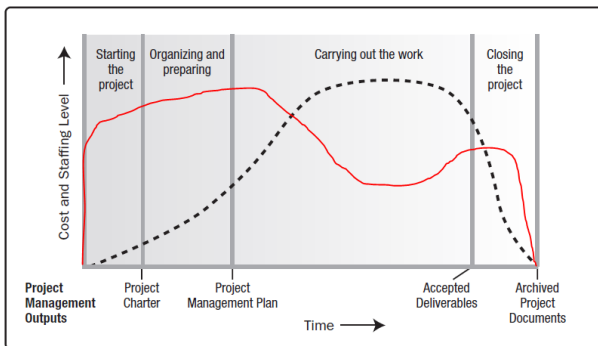


Figure 4: Economic analysis based on the life cycle of the project [kameliuk.com and PMBOK® Guide]

In certain cases, decisions have to be made based on qualitative, not quantitative considerations. In such cases aspects such as closeness to customers, communication skills, reaction speed etc. have to be taken into account. Economic analysis has to be made with the use of these aspects as well [11].

Traditional project tools and methodologies (e.g. the Project Management Guidebook PMBOK® Guide) [12] [13], are necessary but not enough for the execution of IT projects. Such projects are complex and uncertain, and the success factors are difficult to measure). Standish Group International Inc., or Standish Group (<http://standishgroup.com/>) is an independent international IT consultant company founded in 1985 [14]. It is well-known for its IT projects in the public and the private sector. The company focuses on software applications of critical importance, with special attention to mistakes and the possible development of IT projects. Standish Group has been measuring the success of IT projects since 1994 [15], which has not changed much despite the numerous studies, books and methodologies published. Table 1 shows that in 2015 [16], 29% of IT projects were successful, 19% was not finished at all and in 52% one or more project conditions had to be changed (time, resources, expected result). The above mentioned survey can be criticized [17]. It is not clear what success means exactly in an IT project, and changes can also be beneficial. The “shocking” replies obtained from asking a large number of respondents, however, cannot be ignored as there have not been any other global surveys. An IT project—based on its result—selects, introduces or develops IT solutions or systems in line with the strategic goals of the organization.

Table 1: Success of IT projects [Standish Group, 2018 and my own table]

	1994	1996	1998	2000	2002	2004
Successful	16%	27%	26%	28%	34%	29%
Not finished	31%	40%	28%	23%	15%	18%
Changed during execution.*	53%	33%	46%	49%	51%	53%
	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Successful	35%	35%	32%	32%	37%	29%
Not finished	19%	19%	24%	24%	21%	22%
Changed during execution.*	46%	46%	44%	44%	42%	49%
	2012	2013	2014	2015		
Successful	27%	31%	28%	29%		
Not finished	17%	19%	17%	19%		
Changed during execution.*	56%	50%	55%	52%		

* the project exceeds its cost or resource limits, or is not executed according to the plan.

The project management triangle (Fig. 5) is sometimes called Iron Triangle or Triple Constraint. It means that if the budget, schedule or scope of a project is changed, it affects one or two of the other elements. A project is always balancing between the vertices of the project triangle. The three factors usually work against each other. The task of

the project manager is to save the project triangle from collapsing.



Figure 5: The project triangle [t2s-solutions.com]

Traditional project management measures the success of projects with the realization of the iron triangle (resources used – time – scope = quality). In the case of IT projects, however, far more—usually difficult to measure—success factors have to be taken into account [6]. The fourth element of the project triangle, quality, is in the centre—modifying any side of the triangle changes it. It is very important to note that quality does not have a universal standard. Quality must always be defined within the project itself. There are companies which focus on keeping within the budget in defining project success. For others, finishing the project quickly is more important. The project manager must know the exact definition of success in the case of the given organization and project.



Figure 6: An extended interpretation of the success factors of projects [Deák, 2005 and my own figure]

The most important task of the project manager is to make the project successful. Very often, however, in managing projects, companies face failure instead of success. Nowadays, however, failure is not only a characteristic of unusual, unique projects. Project success is of primary importance from the point of view of project management since without project success, companies cannot reach their strategic goals or realize their incomes. Much research has been done into project success, resulting in different approaches. It is important that failure can rarely be explained with the lack of resources as these are available on the market almost without limit. Far more important are qualitative factors such as insufficient

definition of project area or a lack of project management knowledge (see Standish Group reports). The efficiency of project management shows how well the project has reached its goals on the one hand, and how much it has contributed to the goals of the organisation on the other [18]. Fig. 5 shows that the quality – cost – time triangle can indicate the results of the project but this is only part of the success of the project. Comprehensive assessment also includes compliance with strategy and the satisfaction of stakeholders as well. The project triangle is still the most widely used method of measuring success. However, even the interpretation of success is not uniform. According to the literature [19], there are two approaches to quality: the general philosophical interpretation and the value-based philosophical interpretation. In the case of projects won in tenders, the two defined categories can also be spotted in the interpretation of success [20]:

- in the general philosophical interpretation of a project, an activity or its results can be described well with the various indicators and the outputs prescribed and expected in the given program and planned in the submitted application;
- the value-based philosophical interpretation can be used both for the assessment of projects won in a tender and the evaluation of the utility of executed projects, because the emphasis on the usefulness for the different target groups is great.

4 INFORMATION SECURITY TRAINING PROJECT

Nowadays, information security, the protection of the data of offices, companies, and private persons is gaining paramount importance. Unauthorized access to data whether by accident or intentionally, and stealing or malicious manipulation of data causes considerable damage to the affected parties; their reputation is damaged and trust in the service is lost [21] [22]. Also, the incorrect handling of data can lead to legal consequences (e.g. GDPR) [23] and damages. International data shows that loss of data and unauthorized access to data can most often traced back to human error—with more attention from the employees and by complying with the rules the incident could very often have been avoided. According to paragraph 11, section (1) c) of the Act No. L. of 2013 [24], on the Electronic Information Security of Central and Local Government Agencies (information security law) the leader of the organization appoints a person responsible for the security of the electronic information system, based on the requirements provided by security class of the electronic information system and the security level of the organization. The training and in-service training prescribed by the information security law is included in detail in the 26/2013. (X. 21.) KIM decree [25]. The information security law contains the rules applying to the security and protection of data that is part of the national wealth. The law contains many conditions for protection, one important element being the security awareness training of the users. The execution decree of the law, BM decree 41/2015. (VII.15.) [26] states that the organization organizes security awareness training of the basic security requirements for the users of the electronic information system, to prepare them to recognize possible internal threats. Training should not only be provided once, when the employee is hired, but regularly (ideally annually) to update and refresh the knowledge of the users.

4.1 Targeted attacks on public administration

With Targeted Attacks, attackers target a particular target (person or organization). As opposed to a computer virus, the “creator” of the threat does not seek to spread the malicious code as widely as possible, but to install it into the target’s devices. Targeted attack tools are a combination of simpler attacks (web attacks, letter attacks, system attacks etc.) that call for very great expertise, because these devices and systems are usually well protected [27].

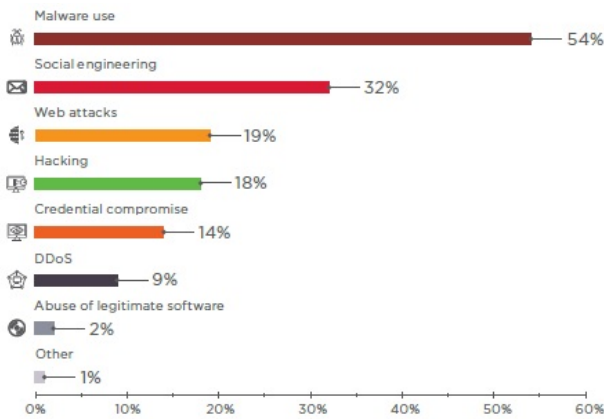


Figure 7: Government: attack methods used in 2018 [Positive Technologies, 2019]

Advanced Persistent Threat (APT) attacks require a great deal of expertise—they are executed by highly skilled professionals who are mostly employed by state intelligence services or criminal organizations to obtain data or information about a system or sector (Leitold, 2014). APT attacks are different from traditional cyberattacks in their choice of target, their duration of attack and length of incubation period. Fig. 7 shows that these attacks exploit targeted psychological manipulation (Social Engineering) attacks [28]. In recent years, targeted attacks have been on the rise, and this year (2019) will not be an exception either [29].

CONTENTS

1. Targeted attack against the public administration sector.....	3
1.1 Possible forms of targeted attacks against IT systems.....	6
1.2 Public administration as critical infrastructure.....	9
1.3 Can a „Digital Mohács” be avoided?.....	11
2. Collection of laws and regulations	15
3. Glossary	16
4. Appendices	17
5. Literature	18

Figure 8: The contents of the professional material [my own figure, 2018]

4.2 IT security awareness training

Organizing information security training and in-service training is mostly the responsibility of the National University of Public Service (NKE). The training of organisational leaders, experts, contributors and workers

started based on the information security law passed in 2013. So far NKE has trained about 150 people. The task of the Cybersecurity Academy started in March 2017 is to coordinate the existing resources of the faculties, research institutes and workshops, and support cybersecurity research and experts. They start and organize training programs and plan cybersecurity practices. The goal of the academy is to serve as a catalyst in cybersecurity training in the areas of public service, law enforcement and national defence [30].

4.3 Information security in-service training

The European Commission in its C(2015) 5262 decree approved the Public Administration and Public Service Development Operative Program (KÖFOP), and the government determined the annual budget of the KÖFOP in the government decree 1004/2016 (I. 18.). In its Appendix 2, it designated the project “The technological development of public service complex competence career program and education” project with the ID number KOFOF-2.1.1-VEKOP-15-2016-00001 as a project of outstanding importance. I took part in the preparation of the professional material connected to the “Annual in-service training for the person responsible for the security of the electronic information system – targeted cyberattacks” (50 hours) training program, which is part of the project [30]. The professional material entitled “Targeted attack against the public administration sector” was prepared by March 30, 2018. It is a Hungarian language 20-page material. Fig. 8 shows the contents of the document, which can be later downloaded as e-learning teaching material from the website of the Faculty of Political Science and Administration, Leadership and Training Center Specialist Training Department of the National University of Public Service.

Table 2: Phases of preparing the professional material (my own compilation, 2018)

Phases of the project	Milestones	Tasks accomplished	Notes
Signing the contract	28.12.2017	The user commissions the author	Determining the requirements of the project
Planning and preparation	29.12.2017–11.01.2018	Making the interview questions	The structure of the professional material, creating the chapter titles
Execution	12.01.2018	Making the interviews with the four professional leaders	Taking into account the information security trends
	13.01.2018		
	16.01.2018		
	17.02.2018		
	18.02.2018–15.03.2018	Processing the literature connected to the topic	
Closure	15.03.2018–30.03.2018	Finalizing the professional material, proofreading and submitting it	According to the conditions laid down in the contract

5 CONCLUSIONS

Nowadays, public organizations must give priority to providing information security while ensuring their day-to-day business, as the preservation, integrity and availability

of confidential information is essential. Information security is now seen not only as prevention, but also as a comprehensive strategic issue. Companies often attempt to cover information security tasks by creating IT security, but this is not a one-off task, but a result of a complex, multi-layer process. IT security is thus increasingly becoming a business continuity issue for both companies and public services. For this reason, an appropriate IT security approach is increasingly a proactive approach: a careful assessment of security options and risks, an appropriate level of empowerment of users and ongoing training—some of the most important measures that need to be taken to ensure effective IT security.

The professional material was finished and the information security training project was successful. It was successful because the phases of the project and the milestones were finished in time and the conditions laid down in the contract were fulfilled. Each chapter started with a literature review and the theoretical background, and continues with the interviews with the leaders, turning theory into practice applicable in day-to-day work. The project was financed by the European Social Fund and Széchenyi 2020. 80.9% of the costs of the project is covered by the convergence (KÖFOP) source and 19.1% from the Competitive Central Hungary Operational Programme (VEKOP), considering that the defined tasks are connected to the project with the ID KÖFOP-2.1.1-VEKOP-15-2016-00001.

REFERENCES

- [1] Zs. Szabó (2017): The Information Security and IT Security Questions of Pension Payment. In: Lucia Figuli, Pavel Manas, Alexander N Kravcov, Václav Pospíchal, Bohuš Leitner, Pavel Svoboda (editor) Structural and Mechanical Engineering for Security and Prevention: ICSMESP 2017. Prague, Czech Republic. 2017.06.14-2017.06.16. Prague: Trans Tech Publications. 2017. pp. 322-327.
- [2] P. Michelberger, Cs. Lábodi (2012): After Information Security - Before a Paradigm Change: A complex Enterprise Security Model. *Acta Polytechnica Hungarica* 9(4). pp. 101-116.
- [3] Michelberger, P. (2015): Információtechnológiai projektek másképpen, *HADMÉRNÖK* 10:(1) pp. 224-233.
- [4] Henczi, L., Murvai, L. (2012): Projekttervezés és projektmenedzsment, Saldo Kiadó, Budapest. pp. 1-184.
- [5] Verzuh, E. (2006): Projektmenedzsment, HVG könyvek, Budapest. pp. 1-424
- [6] Dennis, L. (2007) Project Management (9th ed.) Gower Publishing, Ltd., pp. 1-545.
- [7] Eszenyiné, B. M. (2014): Projektmenedzsment a könyvtárban, Debreceni Egyetemi Kiadó. pp. 1-95
- [8] Daróczy, M. (2011): Projektmenedzsment, Szent István Egyetem, pp. 1-152.
- [9] Csiszárík-Kocsir, Á. (2018): Vállalkozások pénzügyei, Óbudai Egyetem, Budapest. pp. 1-192
- [10] Bucsy L. (1976): Az innovációk rendszere és a vállalati fejlődés. *Közgazdasági és Jogi K* Budapest. pp. 31-41.
- [11] Á. Csiszárík - Kocsir, J. Varga, Crisis (2017): Project - Risk: According to the Opinions of Hungarian SMES, Project Management Development - Practice and Perspectives: Sixth International Scientific Conference on Project Management in the Baltic Countries. pp. 60-70.
- [12] Project Management Institute (2013): A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide), 5th Edition, pp. 1-589.
- [13] Project Management Institute (2017): A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide), 6th Edition, pp. 1-573.
- [14] Standish Group International Inc. (1994): CHAOS MANIFESTO. https://www.standishgroup.com/sample_research_files/chaos_repor_t_1994.pdf (Downloaded: 20/11/2018)
- [15] Standish Group International Inc. (2013): CHAOS MANIFESTO. <http://www.versionone.com/assets/img/files/CHAOSManifesto2013.pdf> (Downloaded: 21/11/2018)
- [16] Standish Group International Inc. (2014): CHAOS MANIFESTO. <https://www.projectsmart.co.uk/white-papers/chaos-report.pdf> (Downloaded: 22/11/2018)
- [17] Eveleens J. L., Verhoef, C. (2010): The Rise and Fall of the Chaos Report Figures. *IEEE Software*. Vol. 27. No.1. pp. 30-36.
- [18] Deák, Cs. (2005): Projekt menedzsment képességek szervezeti szintű fejlesztése, „Tudásalapú társadalom Tudásteremtés - Tudástranszfer Értékrendváltás.” V. Nemzetközi konferencia, Miskolci Egyetem Gazdaságtudományi Kar. II. köt. Miskolc-Lillafüred 2005. május 11-12. pp. 80-86
- [19] Veress G. szerk. (1999): A minőségügy alapjai, Műszaki Könyvkiadó, Budapest. pp. 1-281
- [20] Veress, G., Birher, N., Nyilas, M. (2005): A minőségbiztosítás filozófiája. JEL Könyvkiadó, Budapest. pp. 1-281
- [21] T. Szádeczky (2015): Information Security Law and Strategy in Hungary, *Academic and Applied Research in Public Management Science* 14:(4). pp. 281-289.
- [22] Z Rajnai, B. Puskas (2015): Requirements of the Installation of the Critical Informational Infrastructure and its Management, *Interdisciplinary Description of Complex Systems* 13: (1) pp. 48-56.
- [23] Regulation (EU) 2016/679 of the European Parliament and of the Council of 27 April 2016 on the protection of natural persons with regard to the processing of personal data and on the free movement of such data, and repealing Directive 95/46/EC (General Data Protection Regulation) (Text with EEA relevance). <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32016R0679&from=EN> (Downloaded: 17/11/2018)
- [24] State and Local Government Bodies Act L of 2013 on the Security of Electronic Information Systems. *Hungarian Gazette* No. 68 of 2013 pp. 50241-50255.
- [25] 41/2015. (VII. 15.) BM on the requirements for technological security as well as the requirements for safe information tools, products, safety class and security classification as defined in Act L of 2013 on Electronic Information Security of State and Local Government Bodies, *Hungarian Gazette* 2015 # 103. pp. 17700-17751.
- [26] 26/2013. (X. 21.) KIM Decree on the security of the management and electronic information system specified in the Act on the Electronic Information Security of State and Local Government Bodies, *Magyar Közlöny* 2013, No. 173. pp. 74208-74212.
- [27] Zs. Szabó (2017): Cybersecurity issues of pension payments. In: Szakál Anikó (szerk.). *IEEE 15th International Symposium on Intelligent Systems and Informatics: SISY 2017*. Subotica, Serbia. 2017.09.14-2017.09.16. New York: IEEE. pp. 289-292.
- [28] Positive Technologies (2019): Cybersecurity threatscape 2018: Trends and forecasts. *Cybersecurity_threatscape-2018-Q4_A4.ENG.0002.03*. pp. 1-22. <https://www.ptsecurity.com/upload/corporate/www-en/analytics/Cybersecurity-threatscape-2018-eng.pdf> (Downloaded: 07/05/2019)
- [29] Zsolt, Sz. (2018): Cybersecurity issues in industrial control systems. Anikó, Szakál (szerk.) *IEEE 16th International Symposium on Intelligent Systems and Informatics: SISY 2018*. Budapest, Magyarország: IEEE Hungary Section, 2018. pp. 231-234.
- [30] Szabó, Zs. M. (2018): Célzott támadás a közigazgatási szektor ellen. Deák, Veronika (szerk.) *Célzott kibertámadások: Éves továbbképzés az elektronikus információs rendszer biztonságáért felelős személy számára 2018*. BUDAPEST: Nemzeti Közszolgálati Egyetem. pp. 156-167. <http://m.ludita.uni-nke.hu/repozitorium/handle/11410/11181?fbclid=IwAR1WcvyF1eD9K-u0HkKUmzmGrRwtA1etfwoAiqAPloG77HzPZQRkKtSA4V8> (Downloaded: 21/11/2018)

Applying Information Security Risk Management Standards Process for Automated Vehicles

Malak M. Shatnawi,
Óbuda University, Budapest,
PhD student in Doctoral School on Safety And Security Science
malak.shatnawi@phd.uni-obuda.hu

Abstract—Development of the transportation system is the main concern for each country, it provides a continual flow of goods, services and information's essential for the economic, security, safety, welfare, and to the health of its citizens. Transportation generally framed as a key component for progress, the sustainability dimensions represented by the social, economic, and environmental pillars have direct impacts on the cities and regions growth and prosperity which become the main challenge for all researchers and engineers because of the expansion of transportation networks.

The rapid modern technology brought changes in all fields including road transportation and infrastructure and one of the most contemporary research subjects in transportation is the Automated Vehicles AV or Self Driven Vehicles SDV. The main challenges in the field of autonomous vehicles rest in the fact of improving road safety, minimizing accidents and human errors. It is known that road safety is a difficult issue including several fields to study such as human, vehicles, roads and socio-economic and environment factors.

This paper will focus in transportation, infrastructure and mobility risk management which seeks to make transportation system more efficient in term of safety, security, traffic accidents, security of data and information technology as well as software systems against malfunctions and all kinds of attacks. The aim of the paper is to discuss the challenges and threats faced in the development of the autonomous vehicles AV by studding information security risk management standard process, and explaining how applying the process of International Organization for Standardization (ISO), the concept of applying ISO 27005, to AV will be discussed here through certain processes.

Keywords: autonomous vehicles, Information security risk management, transportation, safety and security.

1 INTRODUCTION

In the domain of Automated Vehicles AV there are many different studies and recently transport research generally focuses on the implementation of intelligent transport systems (ITS), for example; how to develop roads and traffic for transport automation system with partially or fully autonomous vehicles, nowadays there are strong social, environmental and economic impact of the automotive industry as well as the whole transportation systems.

Moreover, in the near future self-driving cars will fundamentally reformulate road transportation inducing

technological and socio-economic developments and requiring adaptation of the applicable laws and social acceptance as well. The framework is continuously change over time, i.e. future transportation design has to take into consideration technical, economic, legal, and social aspects simultaneously [1].

Software in AV has various roles: engine control, external communications, car safety and security, and from the point of view of security the primary aim is to build a cyber-safe system with regard to the vehicles, vehicle systems and intelligent infrastructure within the intelligent transport system [2].

The fully automated vehicle drives by itself without human supervision. Should system performance degrade, the vehicle is autonomously “restored to the system state of minimal risk.” From a technical point of view, the greatest challenge lies in the complete absence of a human supervisor who knows the system limits, recognizes system faults and, where needed, switches the vehicle into a safe state, but what does a safe state consist of; can the driver take control within the exact needed time especially on highways these questions and more need to be tested, analyse and assess to identify the impact [3].

The main challenges in the field of autonomous vehicles will be discussed since in the next few years automated vehicles are going to radically change road transport infrastructure , improving road safety by removing human error from the driving equation, through testing and validation processes for new autonomous systems and features and through develop cost and time efficient methodologies [14].

Special attention must paid to the discussion of safety challenges that a self-driving electrical car project can encounter and the main outcomes and future research possibilities development [4].

In literature review presented in this paper we will bring the concept of AV with risk assessment and management and explaining how bringing the process of Risk assessment with NIST SP 800-30[9] and International Organization for Standardization (ISO), ISO 27000 standard itself defines the terminology of the series, ISO 27001 states the general requirements for an Information Security Management System (ISMS) General guide lines specify parts of the ISMS e.g., ISO 27005 specifies risk management [5].

2 LITERATURE REVIEW

2.1 Automated Vehicles

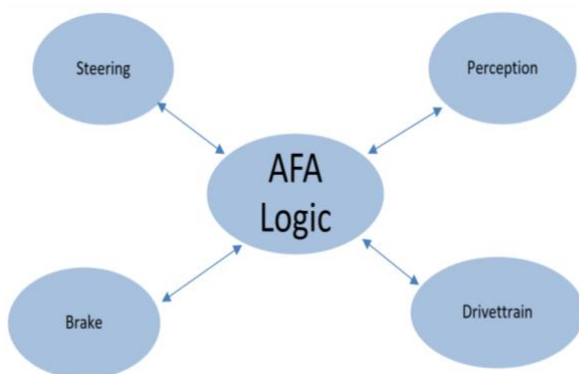
Society of Automotive Engineers (SAE) has described Automated Vehicles as "autonomous vehicles or driverless, self-driving, or robotic cars or any vehicle operated without human supervision for motorway" [14].

However, driverless cars definitions are varied from autonomous cars that are defined as versions of existing vehicles that are capable of taking over from the driver under certain circumstances, whereas driverless cars consider a more advanced next stage in development and usually lack steering wheel or pedals [1].

2.2 How Do Driverless Cars Work?

Lidar (light detection and ranging), radar, GPS, and computer are the backbone technology behind using driverless cars based on sensory data, with updated digital road maps processing that use the right path to follow with minimum risk of any obstacles that can face the car, processing information regarding the road signs and act accordingly, "this allows the vehicle to adapt to changing situations, as well as travel through previously Unknown territories" [6].

The National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA) has helped to clarify policy and technical discussions around AVs by defining levels of automation as in the Figure below (NHTSA, 2013) [7].



1. Figure :Dependence of AFA Logic and connected elements

Source: Hazard Analysis and Risk Assessment for an Automated Unmanned Protective Vehicle (AFA is the German abbreviation), [8].

2.3 Classifying Automated Vehicles

Classification for automated cars as suggested by the National Highway Traffic Safety Administration:

"Level 1: Driver has complete control of vehicle at all times.

Level 2: Some vehicle controls are automated, e.g. automatic braking.

Level 3: Two or more controls can be automated at the same time, e.g. cruise control and lane keeping.

Level 4: The driver can cede control in certain circumstances.

Level 5: Full automation, Driver not expected to play any part in the driving process at all" [8], [13].

3 RISK MANAGEMENT

It is a fact that special attention in recent research is paid to the discussion of safety challenges that a self-driving electrical car project can encounter and the main outcomes and future research possibilities development [4]. Hence, risk management is brought to surface in this research as it aims to make the transportation system more secure in term of traffic accidents; protection against theft, security of software systems against malfunctions and external attacks.

Software in AV has various roles " engine control, external communications, car safety and security, and to build a cyber-safe system with regard to the vehicles, vehicle systems and intelligent infrastructure within the intelligent transport system [2].

The main challenges in the field of autonomous vehicles rest in the fact that " *Improving road safety by removing human error from the driving equation, through testing and validation processes for new autonomous systems and features and through develop a cost and time efficient methodologies*"[14].

There are continuously change in the fields of research over time, i.e. future transportation design has to take into consideration not only technical and economic aspects but also, legal, social and all kinds of necessary factors [1].

The concept of applying NIST SP 800-30 and International Organization for Standardization (ISO) / International Electrotechnical Commission (IEC) 27005 to AV will discussed [5].

4 METHODOLOGY

4.1 Applying ISO/ International Electrotechnical Commission (IEC) 27005 to AV

Because the process of research in transportation automated vehicles is combine the unlimited set of operational scenarios encountered in public traffic with the absence of human supervision this needs highest demands regarding functional safety throughout the development of these systems, to ensure safety, a risk assessment must be done, in this contribution analysis, risk assessment and evaluations according to, Risk assessment with NIST, SP 800-30 [9] and ISO 27005 standard [5] will established (see Figure 2 below), the applicability of the ISO 26262 standard and all must be examined [11].

ISO/IEC 27005(3rd edition 2018-07) international standard, for automated vehicles risk assessment can be done coherently according to ISO/IEC 27005 (Information technology Security techniques — Information security risk management) standard, This document supports the general concepts specified in ISO/IEC 27001 and is designed to assist the satisfactory implementation of information security based on a risk management approach, since these documents provides a guide line for information security risk management and it is applicable for all types of organizations (commercial, government, agencies, non-profit organizations) and it is up to the organization to define the approach to risk management [5].

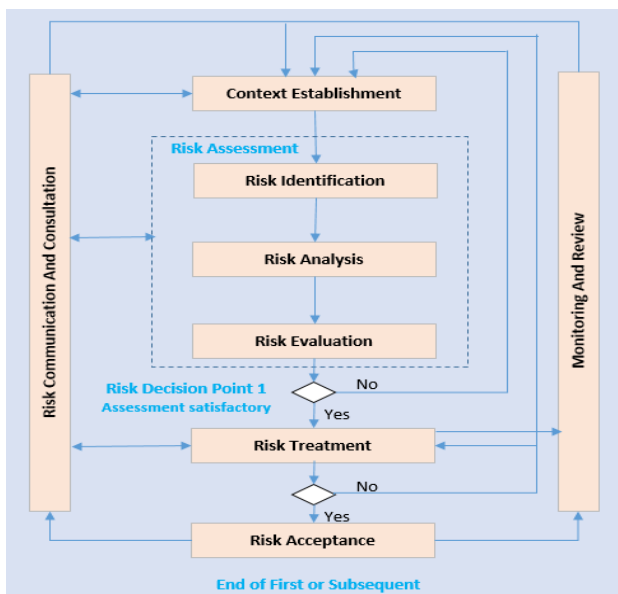
4.2 The applicability of the ISO 26262 Standard

The applicability of the ISO 26262 standard– the most recent standard for designing safety-relevant electronic systems in the automotive context – must be examined to ensure safety because the process combine the unlimited

set of operational scenarios encountered in public traffic with the absence of human supervision this needs highest demands regarding functional safety throughout the development of these systems [14].

4.3 Information Security Management System (ISMS)

By explaining Security Risk Management System SRMS for self-driving electric cars in general, and why self-driving electric cars must contain security aspects, however this issue is not yet clear or easy to imagine all of its future implications; having no idea what a future world of autonomous vehicles will look like, we know that they will reduce car accidents, time wasted in traffic, parking hassles, and probably road rage. But there are also big unknowns areas for example the insurance Instructions and regulations. And "if we look back 20 years, when the Internet was still in its dial-up infancy, and you had told someone that in 20 years we would use the Internet to post pictures and videos, observations and thoughts on the Web and online so that our family, friends could view and comment by sight and sound directly and at the same time" maybe he will doubt it [4], this is the same case for self-driving vehicles technology, it could bring excited experience if it is safe which increase the chance for people who are interested in using them. However, SRMS should be a continual process, as seen in Figure2 below [5]:



2. Figure: Sources ISO/IEC 27005: 2018(E) [5], NIST SP 800-30,[9]

4.4 Information Security Risk Assessment

Risk assessment information data will be collected from, transportation planner studies, and formal institutions whom have a keen interest in how the market for such self-driving vehicles will develop, the risk assessment process will be identify, analyse and evaluate and each step in the assessment process will be estimated with Risk communication, consultation as well as Risk monitoring and review as in Figure 2, [5].

4.4.1 Risk Identifications

The expectations of using self-driving cars still not clear, usage number would increase or decrease, depending on how and when people use self-driving vehicles. Because self-driving vehicles are not yet completely present in the traffic streams, with the exception of a few test vehicles, it is difficult to reliably

predict future consumer demand. Any outcomes are just theoretical at this point since the full self-driving technology is not available on the streets, [7]. 'This is why different risks studies associated with the self-driving vehicles technology and each must be carefully assessed and taken into account [4].

4.4.2 Risk Analysis

First of all why to analyse Security Risk for Self Driven Electric Vehicles SDEV, why we want to make SDEV Secure, the answer ofcourse because the interruption of SDEV will lead to high economic, environment and social dmages and leave the whole system in risk [10]

Many literature reviews have discussed the advantages of AVs. handicapped or disabled consider such cars as blessings. It will bring the chance for minors to move on road without adults joining them. They will enrich the travel experience and bring excitement and release people who do not like to drive from this burden as the care intelligent system will choose the most optimal route, and will increase highway traffic jam. All of these needed to be analysed and that to inform decision makers and support risk responses by studying the following [5]: -

a. Resource and Assets

Through studies, workshops, interviews, observations as well as hard and soft copies of national and international papers, articles and from researchers, planners and engineers

b. Threats

- The automation vehicles should alert to its surrounding, since there is no separated automation infrastructure so we should take into consideration the threats from other objectives and cars as well as infrastructure combination, electric system security aspects against direct or indirect contacts.

- Threats related to operation and functional systems and its safety and it is mainly concerned with hardware failures and software bugs [4]

c. Vulnerability and Impact

- Deliberate corruption occurred and how it will lead to severe problems and direct and indirect interruption, economic, social and environmental damages that may leave the whole system in risk.

- charging and maintenance, operation and training [4].

- With the identification of priority areas according to risk degree, in order to rearrangement of risks acceptable and risk degree.

d. Like hood of Failure

sensors and sensitivity, for example the weather condition has a strong effect on the visual capability of the video based sensors. From another aspect, disturbances can also be simulated by region dependent road types or traffic signs tool [14].

4.4.3 Risk Evaluations

"by using certain electronic systems and sensors to observe the environment and for mapping, localisation and navigation such as Vehicle-to-Everything platform, a vehicular communication system that incorporates other more specific types of communication as (Vehicle-to-Infrastructure), (Vehicle-to-Vehicle), (Vehicle-to-

Pedestrian) or other users such as cyclists or Wi-Fi network by providing automatic warning to prevent an accident, (Vehicle-to-Device), (Vehicle-to-Grid), or any other entity that may affect the vehicle” [4].

Pedestrians or a person around the car behaviour is difficult to be anticipated in order to react properly by the care. “In case of a sudden reaction of a person, the system must be able to react and remain in a safe state. This holds also for people lying on the ground or small animals. After all, these are not imaginary but fully realistic situations; in case a collision occurs, the system has to be able to stop so that no injury occurs” [4].

4.4.4 Monitoring Risk and Risk Treatment

This is can be achieved by testing self-driving functions of the vehicles within a controlled area as a “Smart City”. “Smart City” would be “a place, where connected car features and smart traffic control systems could be monitoring and testing among the conventional traffic stakeholders, testing the automated vehicles, using the controlled of the partially public road.

The modified regulation of the traffic could be time dependent and it would be dynamically changeable to always reach the safety objectives” [14].

4.4.5 Risk Acceptance

Any system can be acceptable by providing the following, comfort, safety, desirable velocity and traffic density, increase productivity (transport capacity), decreased traffic jams or even avoided with efficient and intelligent traffic control systems, reduce the number of accidents, reduce the emission of harmful materials and smart city transport with advanced ITS system [2].

4.4.6 Risk communication and consultation

If self-driving cars could approach people when ever needed, it will bring the blessing of less driving parks and less ownership of private cars. The safety and productivity are among the socio-economic benefits however, this is need public acceptance and usage before we release these benefits users create demand and will determine the size market development. “*The advent of autonomous vehicles could be truly transformative*” [7].

Academic and non-academic, has discussed many virtues of AVs and how it will reduce the cost of travel, allow minors to travel without adults present, enhancing travel experience, travel more safely, choose the route more optimally, questions come to the surface such as: How will other transportation modes, such as travel by TV or no travel at all, be affected by such innovation? What are the effects on the labor force, when AVs emerge etc.[12]

In addition, what will happen if accident occur who will take the risk and carry the blame, is it the manufacture company or the software provider or another parties. How to be protected from hackers and severe attackers [13].

4.4.7 Risk monitoring and review

this will bring the following: -

Initiative studies for empty AVs from centre to external parking in the morning, and vice versa in the evening.

Increasing in travel rate with the exist of AV is something expected, but this will not necessarily cause a congestion increase in fact it will reduce traffic accidents

and increase safety. Create smoother traffic flow and unlock existing capacity on roadways which mean less-road building [7].

5 CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

When Information Security Management System (ISMS) applied to Automated Vehicles AV with risk management in a systematic way the following social, economic and environmental dimensions will be achieved to maintain welfare for the whole society:

- It will change the life style of driving, as it motivates travelling for long distances, allow minors to travel without adults present. They will relieve busy people, elderly and people who fear driving from the burden of driving,
- Reduced costs of travel relative to traditional vehicles and that will make commuters accept longer travel distances in order to drive larger and comfortable residences and may increase the total amount and size of residential land.
- Enhance travel experience.
- People will travel more safely, choose the route more optimally, and will increase highway throughput.
- In addition to that, cities will change dramatically, downtowns, parking space will remove, and daytime parking will be unnecessary and it is possible that some locations of daytime and night-time parking will coincide, allowing to take advantage of natural complementarity of the two types of parking and to reduce the total amount of urban land dedicated to parking.
- Increase in the density of economic activity, causing increase in productivity.
- Although traffic is projected to increase, this will not necessarily cause a congestion increase, as AVs are expected to be operated more efficiently.

For further researches in the future; it is recommended to adopt initiative studies for empty AVs from centre to external parking in the morning, and vice versa in the evening, as long as Traditional Vehicles TV and AV travel together, the main traffic flow will be higher than the reverse traffic flow. This is because the main traffic will consist of both AVs and TVs, while the reverse traffic will be made of empty AVs only, this means that, if the government still adopt for traffic control, if control is done by means of congestion fees, the reverse (empty AV) traffic should optimally be allowed to travel for free.

6 REFERENCES

- [1] Tamás Tettamanti, István Varga, Zsolt Szalay.: Impacts of Autonomous Cars from a Traffic Engineering Perspective, Technical Specification Methodology for an Automotive Proving Ground Dedicated to Connected and Automated Vehicles.2018
- [2] Dániel Tokody, Attila Albini, László Ady, Zoltán Rajnai and Ferenc Pongrácz, : Safety and Security through the Design of Autonomous Intelligent Vehicle Systems and Intelligent Infrastructure in the Smart City. Available from: https://www.researchgate.net/publication/328134553_Safety_and_Security_through_the_Design_of_Autonomous_Intelligent_Vehic_e_Systems_and_Intelligent_Infrastructure_in_the_Smart_City [accessed Nov 10 2018].
- [3] Markus Maurer • J. Christian Gerdes Barbara Lenz • Hermann Winner, : Autonomous Driving, Technical, Legal and Social Aspects, Springer Open, Sponsored by; Daimler and Benz Stiftung.
- [4] Rassõlkin, A.; Sell, R.; Leier, M. (2018), : Development Case Study of the First Estonian Self-Driving Car, ISEAUTO, Tallinn, *Estonia*.

Volume/Issue: Volume 14: Issue 1. *First Online*: 28 Jul 2018. Page Count: 81–88. DOI: <https://doi.org/10.2478/ecce-2018-0009>

- [5] ISO, INTERNATIONAL STANDARD ISO/IEC 27005 ,Third edition 2018/17, Information technology — Security techniques — Information security risk management Technologies de l'information — Techniques de sécurité — Gestion des risques liés à la sécurité de l'information
- [6] James Armstrong, How Do Driverless Cars Work?
<https://www.telegraph.co.uk/cars/features/how-do-driverless-cars-work/2018>
- [7] Johanna P. Zmuda, Ipek N. Sener, : Towards an Understanding of the Travel Behavior Impact of Autonomous Vehicles ,World Conference on Transport Research - WCTR 2016 Shanghai. 10-15 July
- [8] Torben Stolte, Gerrit Bagschik, Andreas Reschka1, and Markus Maurer, Hazard, : Analysis and Risk Assessment for an Automated Unmanned Protective Vehicle, 2017
- [9] NIST Special Publishing 800- 30 Revision1, : (National Institution Of Standard And Technology NIST , US Department of Commerce), : Guide for Conducting Risk Assessments,NIST SP 800-30 standard for technical risk assessment: Information Security, September 2012
- [10] D. Pleskonjic1, F. Virtuani2, O. Zoggia2 , : Security Risk Management for Critical Infrastructures, 2011
- [11] Paul Goodman,: Advantages and Disadvantages of Driverless Cars,Updated on November 22, 2016.
<https://axleaddict.com/safety/Advantages-and-Disadvantages-of-Driverless-Cars>.
- [12] Roman Zakharenko, : Self-driving cars will change cities, National Research University Higher S, Elsevier,2016 , vol. 61(C), pages 26-37.
- [13] Lim, Hazel Si Min, Taeihagh, Araz`, : Autonomous Vehicles for Smart and Sustainable Cities: An In-Depth Exploration of Privacy and Cybersecurity Implications, May2018, Vol. 11 Issue 5, pN.PAG-N.PAG. 1p.
- [14] Zsolt Szalay, Adam Nyerges, Zoltan Hamar, Matyas Hesz, : Technical Specification Methodology For An Automotive Proving Ground Dedicated To Connected And Automated Vehicles, received 06 march 2017, accepted 18 march 2017.