

A munkavédelemi kockázatkezelés sajátosságai

Distinctiveness of Occupational Safety and Health Risk Management

Szabó Gyula

Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Budapest, Magyarország

Összefoglalás - A munkahelyi balesetmegelőzés és egészségmegőrzés meghatározó eszköze a kockázatkezelés, és alapfogalma a kockázat. Az elmúlt évtizedekben számos további területen is kialakult kockázatkezelési gyakorlat és módszertan, és megkezdődött ezek összefonódása. Ebben a cikkben először bemutatunk egy kockázatkoncepciót, majd ebben értelmezzük a munkavédelemi kockázatkezelés sajátosságait.

Kulcsszavak: Munkahelyi biztonság, kockázátértékelés, munkavédelem

Abstract — Risk management is a basic tool, and risk is a key concept for occupational health and safety at work. In recent decades, risk management practices and methodologies have been developed in several areas, and their convergence has begun. In this paper a risk management concept is presented in which the specificities of the risk management in occupational health and safety are interpreted.

Keywords: Occupational Safety and Health, Risk Assessment

1 BEVEZETŐ

A kockázatkoncepció központi szerepet játszik a biztonságtudományban. A munkavédelemi területen az alapos kockázátértékelés az első lépés a megelőző intézkedések meghatározásában, a veszélyek kiküszöbölésétől, a műszaki intézkedéseken át a munkavállalói képzésekig illetve az egyéni védőeszköz használat elrendeléséig.

A munkavédelemi kockázatkezelés módszertanai csak részben fedik a többi szakterületen számításba vett tényezőket, vagy a kockázatmenedzsment szabványban [1] meghatározott elemeket.

A munkavédelemi kockázatkezelés sajátosságait egy előzetesen vázolt átfogó kockázatkoncepcióban mutatjuk be.

2 A KOCKÁZATKONCEPCIÓ

Sokszor tapasztalhatjuk, hogy a veszélyes tevékenységek, extrém sportok űzése örömforrást jelent, hiszen a képességeink határát feszegetve még boldogsághormonok is felszabadulnak. Társadalmi szinten az önként vállalt kockázat is csak korlátozottan elfogadott, de semmiképp **nem elfogadható, hogy valaki másokat veszélyeztessen**, legyen szó pl. közlekedésről, atomreaktor működtetéséről, termékek forgalomba hozataláról vagy akár munkavégzési helyzetről.

Az öncélú kalandkeresés szervezetekre már nem jellemző, azok önmaguk hosszú távú fenntartására, biztonságra, azaz a kockázatok csökkentésére törekednek.

A kockázatkezelés fejlődését előmozdították a nagyhatású ipari és közlekedési katasztrófák. Egyes területeken az **a társadalmi elvárás** alakult ki, hogy bizonyos események – pl. emberek sérülése, halála, környezetkárosodások – bekövetkezése elfogadhatatlan, így a biztonságkritikus technológiáknál és helyzeteknél a megoldás egyik sarokkövévé a kockázatkezelés vált. Idővel a kockázati módszertan a látványosan veszélyes ágazatokból olyan területekre is kiterjedt, ahol egy-egy esemény kárértéke mellett a bekövetkezések száma magasabb, azaz összességében a veszteség szintén jelentős. A kockázatkezelési kötelezettséget, a kezelendő kockázatok és elvárt intézkedéseket több esetben jogszabály írja elő.

A kockázatkezelésnél alapul, hogy az **események kialakulása mögött oksági összefüggések** állnak, és ezek kiismerhetők, azaz **a jövőre vonatkozó következtetések** vonhatók le a múltbeli eseményekből származó ismeretek és egy pillanatnyi helyzet összevetéséből. Ezek a következtetések alkalmasak olyan intézkedések megalkotására, amelyekkel a biztonság növelhető, azaz a baleset megelőzhető, de legalábbis a bekövetkezés esélye csökkenthető.

A balesetek kivizsgálásával, különböző baleset-kialakulási modellek fejlesztésével és alkalmazásával sikerül azonosítani azokat a tényezőket, amelyek a balesetek bekövetkezésénél igazoltan szerepet játszottak, így ismételten balesethez vezethetnek. Általában **egy baleset bekövetkezésénél nagyon sok tényező játszik közre**, azaz egy adott helyzetben nagyon sok veszélyforrás azonosítható, a kockázat nagyon sok tényezőtől tevődik össze. A biztonság fenntartásához elengedhetetlen az adott helyzetből adódó lehetséges kimenetekkel, a negatív kimenetek esélyével, azaz a kockázatokkal számolni, és az **összes lehetséges forgatókönyvet is figyelembe venni**. A ténylegesen bekövetkezett nagyszámú korábbi esemény gyökér-okainak meghatározása és statisztikai elemzése szolgáltatja a valószínűségi szinteket a későbbi kockázátértékeléshez.

Kockázátértékelésnél alapvető feltételezés az, hogy egy balesethez **a veszélyforrás jelenléte szükséges – néha önmagában is elégséges feltétel** –, azaz egy veszélyforrás önmagában, vagy más feltételek teljesülése mellett képes kiváltani bizonyos nemkívánatos eseményt. Ilyen igazolt ok-okozati összefüggések alkotják a kockázatelemzési módszertan kockázat-meghatározás szabályrendszerét.

A kockázatkoncepció **a véletlen szerepének elismerésére** épül: elfogadása a vizsgálatba vont esemény bekövetkezési lehetőségének elfogadását jelent. A biztosan előforduló, azaz 100% valószínűségű esemény nem jelenik

meg kockázatértékelésben, ezt a kockázati világ keretén kívül tudomásul venni, vagy megelőzni lehet. Nem tartozik a kockázatértékeléshez nulla valószínűségű esemény sem, hiszen erről ismert, hogy biztosan nem fordul elő, veszélyforrás nincs, vagy éppen nem létezik a támadó. A balszerencse ellen ennek megfelelően a legjobb megoldás a veszélyforrás kiiktatása, az elimináció, éppen ezért ez kerül mindig az első helyre a kockázatsökkentés elvei között.

Kijelölhető az a **problémagazda**, akinek a tevékenységi körében fordulnak elő a veszélyforrások és következhetnek be a nemkívánatos események. A problémagazda lehet, pl. munkaszervezetek esetén az első számú vezető, hajók esetén tulajdonos, építkezéseknél az építtető, fogyasztási termékek esetében a gyártó.

A kockázatkezelés meghatározó eleme a döntés a kockázatelemzés során meghatározott kockázat elfogadásáról vagy intézkedési szintek meghatározásáról, azaz a **kockázatértékelés**. A kockázatértékelés egy előre meghatározott kockázati küszöbérték alapján történik, az egyes intézkedési szinteket – a szükséges intézkedés prioritását, azaz sürgősségét és fontosságát – kockázati értéktartományokhoz rendelik.

A megfelelő intézkedések meghozatalához a jó kockázatértékelés az első lépés, hiszen ez teszi lehetővé, hogy egy részletes, teljes körű és valós **kockázati képre** épüljenek az intézkedések, azaz a biztonságstudomány nyelvéen, helyesen értékeljük a pillanatnyi állapotot.

A problémagazdának a fentieknek megfelelően minden **ésszerű intézkedést** meg kell tenniük annak érdekében, hogy a nemkívánatos állapot ne következhesse be. Mivel a biztonság növelése jelentős költséget jelenthet a kötelezett problémagazdának, kényes kérdés a követelményszerűen elvárható intézkedés, az ésszerű biztonsági szint, azaz a kockázati küszöbérték meghatározása. A kompromisszumot kevésbé tűrő, biztonságkritikus ágazatokban a technológia alkalmazásából adódó kockázatot akkor tartják elfogadhatónak, ha az nem haladja meg a természeti katasztrófák kockázatát. Sokszor a kockázatot és az **intézkedések várható megtérülését költségalapon** vetik össze, azaz a kockázatsökkentő intézkedésekből a várható gazdasági eredményesség alapján választanak.

2.1 Kockázatmenedzsment alkalmazások

Számtalan kockázati megközelítés és értékelési mód található a különböző tudományterületeken. A kritikus védelmi kutatások című projekt megvalósításakor tanulmánykötetben foglaltunk össze jellegzetes, a biztonságstudomány meghatározó területének alkalmazott kockázatkezelések elméleteit [2].

Projektek kockázatértékelésekor a meghatározó a projekt kitűzött céljának biztosítása a projektdöntéstől a teljes megvalósításig tartó időszakra. A tervezési és megvalósító tevékenységek teljes körére kezeli azokat a nem kívánatos, de lehetséges forgatókönyveket, amelyek a projekt céljának teljes körű megvalósítását megakadályozhatják.

Napjainkban elterjedt a **munkaszervezetek** teljes körű kockázatértékelése, amely elsősorban a szervezetek gazdasági működésére, a működés folytonosságára vonatkozó veszélyek értékelését tartalmazza.

A **kémiai** kockázatértékelés során a vegyi anyagok jellemzői és ismert használati módjai ismeretében azok

lehetséges káros hatásait határozzák meg, figyelembe véve a különböző készítmények kölcsönhatását illetve együttes hatását.

Az **informatikai** kockázatértékelések során az informatikai rendszer integritása és rendelkezésre állása a védendő érték. A kockázatértékelés többek között a támadó szándékával és motivációjával is foglalkozik, illetve figyelembe veszi a felhasználók viselkedését, az alkalmazott hardver és szoftver eszközöket, hálózatokat illetve az alkalmazott biztonsági megoldásokat.

A **tűzvédelem** esetében is központi szerepet kap a kockázatértékelés, melynek meghatározója a tűzmentesség, mint védendő érték. A kockázatértékelésnél a védendő objektumok sajátosságait, az ott tartózkodó személyeket, az éghető anyagokat, a gyulladási feltételeket, továbbá különböző égési lefolyások esetén az oltás, mentés, kiürítés forgatókönyveit értékelik.

Pénzügyi kockázatmenedzsment, mely a pénzügyi vállalkozások fenntartható működését segíti, a jogszabályi követelmények teljesítése mellett a szolgáltatási színvonal és a működési hatékonyság növelésével. Pénzügyi területen az adatok elektronikus formában is rendelkezésre állnak, így a gépi tanuló algoritmusok, a BigData felhasználásának egy formája a kockázatkezelés. Itt jellemzően a hitel, a piaci és a működési kockázatokat határozzák meg.

A termékbiztonság részeként, a **gépek biztonságos** forgalomba hozatalának is szerves része a kockázatértékelés. Az MSZ EN 12.100 szabvány [3] alapján kockázatértékelést kell végezni, és a szükséges kockázatsökkentő intézkedéseket a megadott elvek mentén még a gép tervezése során végre kell hajtani. A gépdirektíva alapján, a megfelelő harmonizált európai szabványokban részletezett alapvető egészségi és biztonsági követelmények teljesülését ellenőrzi a megfelelőség-értékelési eljárás és tanúsítja a CE jelölés.

Kockázatértékelésre találunk példát **katonai akciók végrehajtása előtt** is, ahol a vonatkozó szabályozás alapján, a terepviszonyoktól kezdve a résztvevő személyek adottságai, az eszközök, a tervezett harci cselekmények vagy az ellenség elképzelhető akciói alapján készítik el a kockázatértékelést.

A fenti példák, és a szintén kockázatértékelésnek tekinthető környezeti hatástanulmány stb. a kockázatkezelés alkalmazásának széleskörű elterjedését illusztrálják. Jellemző, hogy az adott szakterületek adottan tekintik a kockázatkezelés szükségességét, célját, a probléma gazdáját, a védendő értékeket, a kiterjedést (a kontextust) és ennek megfelelő módszertannal rendelkeznek.

2.2 Tanulás a balesetekből, baleset-kialakulási modellek

A különböző balesetvizsgálati módszertanok a baleset gyökér vagy fő meghatározó okának és a közrejátszó egyéb okok meghatározására használhatók. A különböző **módszertanok közvetlen, közvetett, módosító, befolyásoló stb. tényezőket** is megkülönböztetnek, míg a statisztikai feldolgozáshoz célszerű egyetlen meghatározó, **gyökér okot** azonosítani.

Az „öt miért” (Five why) módszerek eredménye például **halszállka** (Ishiwaka) **diagramon** mutatja be a veszélyforrásokat. Már egy megtörtént esemény alapos vizsgálatával is számos közrejátszó tényező azonosítható, de több hasonló kimenetelű esemény vizsgálati tapasztalatának összegzésével a közrejátszó tényezők köre

és az egyes tényezők szerepe pontosítható, sőt olyan további lehetőség a kisebb jelentőségű események felderítése, bejelentése és kivizsgálása, amelyek nem jártak személyi sérüléssel esetleg még anyagi kárral sem, talán csak tervben voltak, vagy az eseménysor elindult egy ponton sikerült megállítani. [4]

Reason **svájci sajtó szelét modellje** is alkalmas a veszélyforrások azonosítására, pl. a szervezetben, felügyeletben, rejlő és a baleset kialakulását lehetővé tévő lappangó tényezők és a felhasználói beavatkozások módjának és szerepének feltárásával, így a balesetben közrejátszó okok vagy az esemény kialakulási láncolat elemei a kockázatelemzés veszélyeinek felel meg. [5]

A Ramsey-féle **baleset kialakulási modell** a sérült szempontjából a veszélyek azonosításához vizsgálja azt, hogy hogyan került kapcsolatba a veszéllyel, hogyan észlelte a veszélyt, hogyan azonosította a veszélyt, hogyan született döntés a veszély elkerüléséről, és hogyan hajtotta végre a védekező műveletet. [6]

A balesetkivizsgálás vagy eseményelemzés olyan eseménysor kivizsgálása, amely a kockázatértékelés során lehetséges forgatókönyvként szerepelhet. Lehetőséget ad a különböző veszélyforrások azonosítására, a lehetséges kimenetek meghatározására és statisztikai elemzésekkel a bekövetkezési valószínűségek meghatározására. Az események kivizsgálásának célja az, hogy az esemény még egyszer ne fordulhasson elő, így a tapasztalatoknak meg kell jelenniük a kockázati képből, hogy az ezen alapuló döntésekben a hasznosulhassanak. A balesetelemzések eredményének visszacsatolása a kockázatértékeléshez történhet a kontextus módosításával, a veszélyforrások körének pontosításával, a kockázatértékelési módszertan fejlesztésével így a kockázati kép javításával, megelőző és korrekciós intézkedések meghatározásával ide értve az érintettek tájékoztatását balesetekről és a tapasztalatok beépítését az oktatásokba.

2.3 A kockázati kép

A **kockázati kép a kockázatelemzés eredménye**. A biztonság tudomány nyelvén a kockázatok teljes körű meghatározásával írja le a helyzet, így a biztonság fenntartásához célszerű döntés előkészítésének és meghozatalának alapja. **A kockázati képből, a kontextusban meghatározott kiterjedéssel szerepelnek a veszélyforrások, a lehetséges kimenetek, a valószínűségek, azaz – az esetleges összegződések és kereszthatásokat is figyelembe véve – a kockázatok, különböző pontossággal és időbeli csúszással a kockázatindikátorok, a működő védelmek, a meglévő intézkedések, a rendelkezésre álló védelmi és kárenyhítő intézkedési lehetőségek.**

Egy adott helyzetben számtalan forgatókönyv képzelhető el, sok veszélyforrással és különböző kimenetekkel, ezért a kockázatok sora hosszú, az elvileg teljes kockázati kép nagyon bonyolult lehet. A gyakorlatban **a kockázati kép egy nézete az elvileg teljes kockázati képnek**. Kockázatmenedzsment kontextus meghatározása tartalmazza, hogy az adott kockázati kép milyen védendő értékre, területre, veszélyekre stb. vonatkozóan tartalmazza a kockázatokat, erre láttunk kockázatmenedzsment alkalmazásokat korábban.

A kockázati képen a kockázatértékelés során feltárt kockázatok – az értékelés mélysége szerint – szintekre és –

pl. veszélyforrások, kimenetek alapján – területekre bonthatók. [7]

Az egyes kockázati területek kijelölése a kockázati kép felosztásával történik, ezek egy-egy részlegre, veszélyforrás csoportra, védendő értékre vonatkoznak, sokszor független adatgyűjtésekből származnak. Az egyes **kockázati területek** önálló kockázatmenedzsmentje, és a felsőbb szint felé összegzett mutatók – a terület kockázati mutatóinak – továbbítása adja a területhez tartozó biztonsági szintet. Például a kockázatértékelés része lehet a személyi tényezők értékelése összességében egyetlen kockázati értékkel, vagy más kockázatok mellett a szervezetben a résztvevők felkészületlensége, vagy részletes elemzésnél további kockázatok mellett az adott eszköz kezeléséhez szükséges érvényes jogosítvány hiánya.

Az **integrált kockázatkezelés** a különböző alkalmazási területek kockázati képeinek illesztéséből, összehangolásából jön létre, egy magasabb – szervezeti szint – beiktatásával. Az integrált kockázati képen az egyes alkalmazások kockázati területenként jelennek meg, de kevesebb lesz a lefedetlen vagy többszörösen értékelt kockázat, és egyértelművé válik az egyes problémagazdák személye.

A kockázati kép a **kockázatokat a megállapítás időpontjára** vonatkozóan tartalmazza, így a veszélyforrások időbeli változásával egyre kevésbé felel meg a valóságnak. A **kockázati kép élő tartása** egyrészt tervezett változásokhoz – pl. átalakítások, üzembe helyezések –, másrészt rendkívüli – pl. baleset után, felülvizsgálatként – vagy rendszeres időközönként végrehajtott kockázatértékelésekkel történik.

A kockázatmenedzsment kiterjedhet a változás utáni helyzet előzetes kockázatértékelésére, és jelentheti a tervezett változások projektként történő tervezését és kivitelezését is. A biztonsági szint fenntartásához a meglévőhöz csak akkor illesztenek új elemet (pl. új gépet), ha annak **előzetesen** elfogadhatónak **értékelték** a kockázatait. A változás végrehajtása után ténylegesen létrejövő állapot ismételt kockázatértékelése alapján frissül a kockázati kép. A rendkívüli és a rendszeres időközönként végrehajtott kockázatértékelések célja a meglévő esetleges hibáitól mentes új kockázati kép előállítása.

A kontextusnak megfelelően a kockázatértékelést sokszor a nemkívánatos események kialakulása előtti időszakon túl, a forgatókönyveknek megfelelően az eseményt követő időszakra is kiterjesztik. A **kárenyhítés időszakának kockázatkezelésével** az események kialakulásának, terjedésének és a bekövetkezés utáni kárenyhítő mechanizmusok működésének vagy hibáinak együttes ábrázolására szolgál például a csokornyakkendő diagram. Ez a megoldás figyelembe veszi a menekülés, mentés, oltás stb. feltételeit is, így lehetőséget ad a válaszfázisok biztonságosabb végrehajtására.

A megbízhatóság és védelem lehetőségének alapos kiaknázásához a lehető legrészletesebb kockázatértékelés szükséges, azonban a biztonsági intézkedések fókuszterületének kijelöléséhez szerencsésebb 5-10 jól kiválasztott mutató alkalmazása, míg a legfelső szintű döntéshez a kockázatelfogadásról egy darab, de pontos összesített kockázati értékre van szükség. A kockázatértékelés alapján hozott döntések határozzák meg a kockázati képen **szükséges kockázatok számát és pontosságát**, illetve az egyes kockázatok kiterjedését.

2.4 Döntés a kockázatokról: a kockázatértékelés

A **kockázatértékelés** meghatározó mozzanata, amikor a kockázati kép alapján **döntés** születik a helyzet elfogadásáról vagy az intézkedési tervről. A kockázatértékelés a megállapított kockázat és az előre meghatározott elfogadható kockázati kritérium szint összevetését jelenti, akár egy vagy több kockázati értéket eredményez a kockázatelemzés. Az elfogadási kritériumnál magasabb kockázatoknál jellemzően fejlesztési intézkedést követelnek, mely működő rendszereknél együtt jár a magas kockázati terület veszélyeinek azonnali kiiktatásával, azaz az érintett tevékenységek felfüggesztésével.

Több kockázatot rangsorolással is szoktak értékelni, vagy kockázati értéktartományokhoz intézkedési szinteket – prioritásokat – határoznak meg.

A kockázatmenedzsment során többször sor kerül kockázatértékelésre, egyrészt a kockázati kép vagy értékek megváltozásakor, másrészt a tervezett intézkedések várható hatásainak értékelésekor, de mindenkori a különböző védelmeket is számításba véve, a valós vagy tervezett helyzet maradókockázatai alapján a teljes kockázati képet értékelik.

A kockázati szint alakulását kulcs teljesítmény mutatóként kezdik alkalmazni, és ehhez olyan mérési módokat dolgoznak ki, amelyek a biztonsági helyzet dinamikus jellemzésére alkalmasak.

2.5 Intézkedések

A védelmi intézkedések a prioritási listának megfelelően általában kreatív módon különböző tervezési követelmények alapján történik az intézkedéseknél, például a **kockázatsökkentés elveit** az adott területre érvényes módon kell alkalmazni. Születnek rövid és hosszú távú intézkedések. A különböző kockázat csökkentési lehetőségek kiválasztásával olyan kockázatsökkentő tervet kell kidolgozni, amelynél a követelményeknek megfelelően várhatóan az összes kockázat az elfogadható értékre csökken.

A különböző szakmák különböző kockázat csökkentési elveket fogalmaznak meg, védelmi intézkedéseket határoznak meg, ilyen pl. a **veszélyforrás kiküszöbölése**, a **beépített biztonság**, a **támadó korai felismerése**, **hibatűrő megoldások**, a **STOP elv** vagy a **kockázat áthárítása**.

A baleset-megelőzés elsődleges módja: a veszélyek kiküszöbölése. Ha a veszély nem kiküszöbölhető, akkor a helyzet részletes megismerésén – kockázati kép – és értékelésén alapuló intézkedésre kerül sor, az érintettek informálás – **kockázatkommunikáció** – mellett.

A balesetelemzések gyökér okaként nagyon sokszor emberi viselkedést állapítanak meg, pl. felhasználói hibázást, dolgozói mulasztást, szabályszegést állapítanak meg. Így a felhasználói viselkedéstől függetlenül hatásos intézkedések legkedvezőbbek, pl. a **beépített biztonság** (inherently safe design) a jó használhatóságú eszközök. Általában külön tárgyalják az **alapfunkció biztonságos megválasztását** – pl. működési mód, anyag – és a **hozzáadott biztonsági** – vészkapcsoló, biztonsági mentés – funkciókat.

Az elsődleges műszaki intézkedések után **adminisztratív, szervezési intézkedések** – szabályozások, ellenőrzések, képzések, tájékoztatások – jönnek számításba. Az intézkedések sorát olyan intézkedések zárják, amit az egyéneknek önállóan, a biztonság kedvéért

kell végrehajtani, pl. védőeszközök viselése, jelszavak cseréje.

A balesetek egyik pillanatról a másikra is bekövetkezhetnek, másszor események sorával írhatók le, miközben néha újabb-újabb védelmek kezdenek működni, illetve esnek ki. Egyes megközelítések az események teljes körű megelőzésére, mások a káros esemenylánc korai felismerésére és leállítására épülnek, kellő tartalékok képzésével. A gyakorlatban együtt alkalmazzák a fenti **megelőző és kárenyhítő** – pl. menekülési útvonalak, elsősegély felszerelés, adatmentés – **intézkedéseket**.

Speciális kárenyhítési mód a **működési (üzleti) folytonosság** tervezés, mely a kritikus funkciók fenntartását vagy gyors visszaállítását szolgálja alapvető erőforrások kiesése esetén, pl. például egy tartalék infrastruktúrára kapcsolással. A kárenyhítést végző szervezetek – pl. katasztrófavédelem – célszerűen együttműködnek a probléma gazdákkal, de saját kockázatértékelésükben az enyhítendő esemény – a már égő objektum – már nem kockázati tényező, hanem adottság.

A tervezett biztonság növelése a kockázati kép alapján az **elfogadható kockázati kritérium szint csökkentésével**, és az elérését lehetővé tévő intézkedések megvalósításával történhet, ideértve a szükséges eszközrendszer kialakítását. Javulás érhető el magának a kockázati képnek a javításával is, pl. a külső-belső kontextus jobb meghatározásával, a veszélyforrások alaposabb megismerésével, az esemény-kialakulási összefüggések pontosabb megismerésével, a helyzet pontosabb ismeretével, más szervezetek, szektor vagy állam gyakorlatának átvételével. A kockázatmenedzsmentben az alkalmazott kockázatértékelési folyamatra is használható a **Plan – Do – Check – Act** (tervezd meg – alakítsd ki – ellenőrizd le – javítsd ki) eljárás ismételtetése.

2.6 Dokumentáció

A kockázatértékelés, mint tevékenység megítéléséhez elengedhetetlen annak dokumentálása, azaz maradandó rögzítése. A kockázatértékelési dokumentáció teszi lehetővé, hogy a **kockázatértékelés utólag is megismerhető legyen az érintettek számára**, és megállapítható legyen belőle a biztonsággal kapcsolatos helyzetkép és a kockázatértékelés készítésének körülményei, így annak megbízhatósága is. A kockázatértékelés-készítő felelőssége felvetődhet események tényleges bekövetkezésekor – vajon számoltak-e a kiváltó tényezőkkel –, illetve amikor jogszabályi kötelezettség a kockázatértékelés elvégzése és dokumentálása, azaz jogszabályi kötelezettségek ellenőrzésekor is. Bizonyos esetekben szabályozás írja elő a kockázatértékelési dokumentum formai követelményét, vagy meghatározza a kockázatértékelés-készítésre jogosultak körét.

2.7 Kommunikáció

Mivel a biztonsági helyzet **dokumentálása** a kockázati képen történik, alapvető, hogy ezt megismerjék az érintettek, és a személyüket érintő döntést meghozhassák és a vállalhatatlan kockázatot elkerüljék. A kommunikáció – legyen az oktatás, tréning, tájékoztatás – a veszélyeket, felismerésük módját, a kockázat mértékét, a kimeneti lehetőségeket, a kockázatnál számításba vett megelőző,

valamint a kárenyhítés, mentés és folytonosság biztosításhoz intézkedéseket is tartalmazza.

A kockázatkezelési tevékenységek részeként a kockázatértékelési dokumentáció alapján történik a kockázat-kommunikáció, amely a helyzethez illeszkedő formákat ölthet. Ha szabályozás követeli meg a kockázatkommunikációt, akkor ezt is dokumentáltan kell végrehajtani, úgy hogy utólagosan igazolható legyen annak tartalma, időpontja és a tájékoztatottak köre. A kockázatértékelési és a kockázatkommunikációs dokumentumok közös vonása, hogy tartalmazzák a kockázati képet, míg előbbi az értékelés elvégzésének megfelelőségét, utóbbi a kockázatokról történő tájékoztatás megfelelőségét igazolja.

2.8 A kockázat felmérés módszertana

A különböző **kockázatfelmérő módszerek** más-más megoldást javasolnak a veszélyforrások azonosítására, a kockázati szintek meghatározására, a meglévő védelmek figyelembevételére és a különböző kockázatok együttes hatásának figyelembevételére. A kockázat felmérés módszertana az egyes kockázat felmérési fajtán belül is nagyon különböző lehet, és általában egy alapos kockázatértékeléshez több módszertan alkalmazására van szükség. A kockázatfelmérés módszerét a szükséges kockázati kép részletességéből és pontosságából kiindulva a rendelkezésre álló szakmai kompetencia, a szervezeti tudás és egyéb információforrások hozzáférhetősége, a veszélyforrások és kockázatindikátorok köre és a szabályozási követelmények alapján lehet kidolgozni.

Meghatározó módszertan az ISO 31.000 szabvány a kockázatkezelésről, vagy az ISO EN 12100 szabvány a gépek kockázatsökkentéséről. A kockázatfelmérés fő lépései a veszélyek, a kimenetek, a valószínűségek és a kockázat meghatározása, azonban sokszor kerül sor a forgatókönyvek, a támadók és érintettek, a működő és rendelkezésre álló védelmek és kárenyhítő intézkedések, kockázat-indikátorok meghatározására, illetve az egyes kockázatok összefüggéseinek feltárására.

2.9 Veszélyfelmérés

A kockázatfelmérés a – megtörtént és kitalált – esemény-kialakulási forgatókönyveknek, azaz a veszélyforrások körének teljessé tételével valósulhat meg. Rendszer-, folyamat- és életciklus modellek alapján kockázati területekre bontva is elvégezhető a kockázatfelmérés, nem megfelelően a területek kapcsolataiból adódó veszélyekről. A veszélyforrások teljes körű leírását segíti idő-, személy-, eszköz-, adat- és anyagleltárak alkalmazása. Számolni kell az veszéllyel, hogy már a veszélyek azonosításánál is kimaradhatnak veszélyek, és ez a kockázati kép pontosságát, így a kockázatkezelés során hozott intézkedések megbízhatóságát csökkenti.

A veszélyfelmérésben hasznosul az értékelők hasonló területen szerzett tapasztalata, a szervezetből származó adatok, a szabályozások és útmutatók, számítógépes alkalmazások. A veszélyek azonosítására sokszor használnak ellenőrző listákat vagy alkalmaznak csoportos szakértői módszereket, de a működésből generálódó adatok, munkavállalói nem-megfelelőség, fogyasztói kifogás, vegyi anyag használatmód és más esemény-bejelentési rendszerek is alkalmasak újabb forgatókönyvek és veszélyforrások azonosítására. A veszélyforrások körének teljesítését szolgálja a más szervezetek, állam vagy

szektor működése során feltárt veszélyek integrálása, a különböző szintű baleseti statisztikák okainak elemzése.

A forgatókönyvek egyik meghatározó eleme az ember jelenléte. Külön szokták kezelni a szándékos károkozást – pl. támadás, szabotázs –, és a szándékolatlan káros viselkedést – pl. előre látható emberi hibázások, a stresszből adódó szabályszegések.

2.10 A kockázat mértéke

A kockázati szint meghatározása történhet a szakértői becsléssel, a korábbi események statisztikai adatain vagy kísérleteken alapuló különböző számításokon vagy egy állapot jellemző – pl. egy kockázati szint indikátor vagy egy expozíció – mérése alapján.

Minőségi értékelésnél szakértők megbecsülik a bekövetkezés valószínűségét és a kimenet súlyosságát, és ebből határozzák a kockázatot. Mivel a minőségi kockázatértékelések szakértői véleményen alapulnak, így megbízhatóságuk az értékelő szakértő, csoport szakértelmétől és alkalmazott módszertantól függ. **Mennyiségi kockázatértékelésre** kerülhet sor, ha adottak a mérés vagy számítás feltételei.

Kötelezően alkalmazandó követelmények birtokában a kockázatkezelést a követelmények teljesülésének ellenőrzésére, illetve a nem teljesülések azonosítására, és a hiányosságokat megszüntető intézkedések meghatározásával a folyamatot lényegesen leegyszerűsítve is megkísérlik. Mennyiségi kockázatértékelési módszereket alkalmaznak a megbízhatósági vizsgálatoknál is, ezekre példa az FMEA, HRA, HTA, a PSF elemzések. Kockázatok összegzésének, és láncolatának összegzésére összetett – pl. fuzzy, Markov – modellek, szimulációk – pl. Montecarlo – megoldások stb. állnak rendelkezésre.

A kockázati kép pontosságát a veszélyforrások helyes azonosítása mellett a kockázati értékek határozzák meg. A veszélyek változása, a különböző értékek detektálása – szakértői megállapítása vagy mérése –, ennek pontossága, megbízhatósága, időpontja vagy a mintavételezés gyakorisága a kockázatértékelés dinamikáját határozza meg

3 A MUNKAVÉDELMI KOCKÁZATKEZELÉS

A munkavédelem elmúlt 25 évében természetessé vált, hogy a munkahelyi egészség és biztonság érdekében végzett tevékenységek alapja a kockázatértékelés. A kockázatok ismerete mind a munkáltatók, mind a munkavállalók számára lehetővé teszi, hogy közösen megvalósítsanak célszerű intézkedéseket a balesetek megelőzése és a foglalkozási megbetegedések megelőzése, illetve a fokozott expozíció csökkentésére. [8]

A munkavédelemben a védendő érték a dolgozók és a munkahelyen megjelenők testi épsége-egészsége, míg a veszélyek közül azokkal foglalkoznak, amelyek a munkahelyből, a munkavégzésből, a munkahelyzetből adódnak. A munkahely a munkáltató érdekkörében működik, ő rendelkezik az erőforrásokkal, övé a szabályalkotás joga, a munkahelyi biztonság gazdája, így ő a probléma gazda, azaz övé kockázatkezelés felelőssége is. [9]

3.1 Az elfogadható kockázat

A **kockázati megközelítés**, azaz az esemény bekövetkezési valószínűségének és a kockázati szintjének elfogadása a munkavédelemben annak elfogadását jelenti, hogy előbb-utóbb valakivel, valahol, valahogy baleset fog

bekövetkezni, kisebb-nagyobb kimenettel. A munkavédelemben ez komoly etikai kérdésként vetődik fel, hiszen morálisan egyetlen haláleset sem fogadható el a munka elvégzése érdekében, azaz a munkavédelemi kommunikációban a „**zero baleseti cél**”, „**mindenkit mindig hazavárnak**” és a „**soha senkivel**” elvárások jellemzőek.

A problémagazdaként a munkavédelemi követelmények teljesítése a munkáltató kötelezettsége és költsége. Társadalmi szinten a követelmények meghatározása és a vállalkozások elfogadható terhelhetősége a munkavédelem tripartit – azaz munkavállalói, munkáltatói és állami oldalak – együttműködésével alakul ki. A munkavédelemben a követelmények egy része tételesen megkövetelt, ezen túlmenően **nincs számszerűsítve a célszerűen megvalósítható kockázati szint, erre vonatkozóan elvárás az, hogy adott vállalkozás folyamatosan törekedjen, és eredményeket érjen el a munkavédelemi helyzet javítására.** Az adott vállalkozásnál elfogadott kockázati szintnél nagyobb biztonságot az egyén számára a munkahely megváltoztatása mellett az aktív, biztonság tudatos közreműködés jelentheti.

3.2 A kockázati kép

A **kockázatértékelés mélységének meghatározása** a munkavédelemi gyakorlatban is megjelenik, hiszen az tűnhet egy teljes körű, mindent kikutató vizsgálatnak vagy a MEBIR tanúsítvány felmutatásának.

Személyi **feltétel** például az, hogy a targoncavezető érvényes jogosítvánnyal rendelkezzen, így ennek **hiányát veszélyforrásként fel szokták tüntetni**, majd a kockázati szint meghatározásához mintavételezéssel vagy mindenre kiterjedően **ellenőrzik a meglétét**. Tárgyi feltétel például az, hogy a gépeket üzemkész állapotban használják, ideértve a burkolatok megfelelőségét, így veszélyforrásként a hiányzó burkolatokat fel szokták tüntetni, és az összes gépet leellenőrzik.

A szervezetnek lehet azonban folyamata, szervezete, felelőse a fenti kérdésekre, azaz lehet egy humán folyamat és HR részleg, melynek felelőssége, hogy a dolgozók rendelkezzenek a szükséges képzettséggel és jogosítványokkal, illetve lehet karbantartó részleg, mely felelős a gépek állapotáért. Ezen a szinten már az a veszély, hogy ezek a részlegek nem végzik jól a munkájukat (észrevétlenül lejár a jogosítvány, elmarad a karbantartás), illetve máshol sérül a biztonság, pl. jogosulatlanul vezetnek targoncát vagy barkácsolnak gépet. A kockázatértékelésnek ilyenkor már e veszélyekre kell összpontosítani, azaz először is meg kell állapítani, hogy a munkavédelemi követelmények mely részét fedik le, pl. targoncásoknak legyen érvényes jogosítványuk és legyen karbantartás. Ezt követően az egész funkciót – azaz a karbantartást, személyügyet – egy-egy egységként kezelve lehet annak működési kockázatait értékelni. A példákban nem fedtük le a termelésirányítást, ami tartalmazhatna folyamatot arra, hogy csak jogosultak végezzék az egyes feladatokat.

A termelés, a személyügy vagy a karbantartáshoz hasonló többi részleg működési veszélyeinek feltárása és a kockázatok csökkentése a felügyeleti folyamatok kialakításával és felülvizsgálatával is történhet. Ha tehát gondoskodnak arról, hogy tényleg megvalósuljanak az oda tartozó funkciók – pl. észreveszik, ha lejár a jogosítvány, ha elmarad a karbantartás, és intézkednek, sőt foglalkoznak

ezen működési hibák megoldásán – akkor a kockázatértékelés egy magasabb szintre léphet az adott területen, és már a felügyeleti folyamatok veszélyeivel kell foglalkozni, tehát azzal, hogy tényleg azonosítják-e a részleg működési hibáit, és ezek megszüntetéséért tesznek.

A szinteken felfelé haladva a funkciók integrálódnak, a különböző veszélyek egyre szervezetibb jeleket öltenek, és végül a legfelsőbb vezetői ellenőrzési kockázatkezelő funkcióhoz vezetnek. A cégre kiterjedő megfelelés igazolását kérésre külső független fél végezheti, pl. az irányítási rendszer felülvizsgálattal, megrendelői audit során vagy éppen munkavédelemi ellenőrzés keretében.

Fenti példákban bemutatott módon, még irányítási rendszer nélkül is megvalósulhat a kockázatértékelés több szintre és területre elosztva. Megtörtént egy-egy terület kockázatkezelése, a terület maradó kockázatainak összegzése néhány jól megválasztott teljesítménymutatóvá, majd felsőbb szinten az oda tartozó kockázatkezelés stb. Ez a mechanizmus lehetővé teszi a problémagazdaként azonosítását, és a kockázatok helyben történő kezelését. Ha egy cégnél MEBIR rendszer működik, és azt független szervezet tanúsította is, akkor – csak a törvény betartására – nem kell még egy külön kockázatértékelést is végezni, hiszen az irányítási rendszerek újabb változatai, így a MEBIR már önmagában is tartalmazza a kockázatértékelést. [10]

Nem elegendő azonban csak a MEBIR tanúsítvány birtoklása, mögötte kell állnia a ténylegesen elvégzett kockázatkezelésnek. **A különböző szinteken és részlegre kiterjedő kockázatértékelésből össze kell állnia egy olyan munkavédelemi kockázati képnek, mely a vállalkozás működéséből származó, személyek egészségével és biztonságával összefüggő összes kockázatot tartalmazza és lehetőséget ad kezelésére.** A példához visszatérve valahol tudatosan foglalkozni kell annak esélyével, hogy érvényes jogosítvány nélkül vezetnek targoncát vagy a burkolatok hiányosak lehetnek a gépeken. Nem feltétlenül a munkavédelemi szakember feladata az, hogy ezeket minden esetben személyesen ellenőrizze, vagy magasabb szinten erről gondoskodjon. A munkavédelemi szakember felelőssége marad azonban, hogy minden szinten elérhető legyen az ott érvényes munkavédelemi ismeret, és a kockázati kép helyben érvényes nézete, pl. a munkacsarnokban burkolatok hiánya és jogosulatlan targoncavezetés, a karbantartó műhelyben a burkolat-visszahelyezési tevékenység elmaradása, vezetői szinten a munkavédelemi bejárások elhanyagolása vagy az egyik területen megszorodó karbantartási hiányosságok. A kockázati kép szintekre és területekre osztása egyúttal azt is jelenti, hogy a kockázatkommunikáció és a munkavállalói konzultáció is testre szabható.

A munkavédelemi kockázatértékelésnél a kockázati kép általában nem túl részletes, így a kockázatok jellemzően egymástól függetlenek. A különböző veszélyek együttes hatását sokszor úgy veszik figyelembe, hogy ezeket a veszélyeket külön-külön értékelik, és kölcsönösen egymásnál **kockázatbefolyásoló tényezőként** is figyelembe veszik. Igazolt összefüggések esetén kerül sor **számításos kockázatösszegző** módszerek alkalmazására, pl. veszélyes anyagok kockázatértékelésénél, kémiai kockázatbecslésnél, fizikai ártalmaknál, vagy tüzmelégzés során.

Munkavédelemi gyakorlatban **kárenyhítési intézkedésnek** tekinthetünk menekülési és elsősegély

intézkedéseket, és jellemzően a veszélyek között szerepel a vészkijáratok eltorlaszolása, az elsősegély felszerelés hiánya, a tűzoltóeszközök karbantartásának elmaradása vagy a felelősségbiztosítás hiánya.

3.3 Módszertanok

Munkavédelmi kockázatértékelés a veszélyforrás azonosításokkal, a kockázatelemzéssel, kockázatértékeléssel foglalkozik, amihez szervesen kapcsolódik a kockázatsökkentő intézkedések meghatározása, illetve a kockázatkommunikáció. [11]

Komoly tudást, speciális képességeket követel a munkavédelmi tevékenység, ezen belül a kockázatértékelés elkészítése is, így az EU munkavédelmi szabályozásával összhangban a magyar jogszabályok is rögzítik a **tevékenységre jogosultak körét**. A szabályozás szerint a munkáltatónak rendelkeznie kell kockázatértékeléssel, és annak bizonyos formái követelményeknek meg kell felelnie. A **kockázatértékelés pontos módszertana és részletes tartalma szándékosan nincs szabályozva, hogy ez ne legyen akadálya a szakmai fejlődésnek, a tényleges helyzethez illeszkedésnek**. A kockázatértékelési kötelezettségek célja az, hogy a munkáltató ténylegesen rendelkezzen a működéséből adódóan személyek egészségét és biztonságát érintő kockázatokkal, és ezekre vonatkozóan szakszerű intézkedéseket hozzon. Mivel a döntések alapja a kockázati kép, így a munkavédelmi szakembernek – legyen a cég alkalmazottja vagy vállalkozója – azt kell jól elkészítenie, ide értve a javasolt megoldási alternatívákat és kockázatkommunikációt.

A munkavédelmi kockázatértékelésben nem kap hangsúlyt a különböző **forgatókönyvek** feltárása, ezek a **vizsgált és tartósan tekintett jelenállapot** természetes jellemzőjeként vannak jelen. A veszélyforrások megfogalmazásában található a válasz a Mi történhet? Hol? Hogyan? Kivel? Mivel? kérdésekre, pl. esztorgakés eltörik, elrepül, és fizikai sérülést okoz a dolgozónak. A munkavédelmi kockázatértékelés egyik fejlesztési lehetősége a forgatókönyvek módszeres feltárása és a hozzájuk tartozó veszélyek azonosítása.

A **kockázatértékelés kifejezést a munkavédelemben lefoglalja a teljes cégre kiterjedő, előírásoknak megfelelő tevékenység**. Valójában sokszor kerül sor a kockázati megközelítés szellemében egy-egy területen kisebb kockázatkezelésre, például ilyen a munkaterület elhatárolás, a tűzgyújtási engedélyezés, az alvállalkozók kezelése, a környezeti és biológiai tényezők értékelése, a veszélyes anyagok, nyomástartó berendezések, hajók értékelése, de a személyi tényező kockázatának csökkentésére szolgál például a biológiai monitorozás vagy az orvosi alkalmassági vizsgálatok.

Munkavédelmi gyakorlatban egyaránt alkalmaznak **minőségi és mennyiségi kockázatértékelés**. A jól ismert veszélyforrások azonosítását, a szükséges intézkedéseket és az elfogadható kockázatot együttesen kezelik különböző minimális egészségvédelmi és biztonsági követelmények meghatározásával, pl. munkahelyek, munkaeszközök, képernyős terminállal végzett munkák esetén. [12]

A munkavédelemben a kockázatok minőségi elemzésére akkor kerül sor, amikor viszonylag kevés adat áll rendelkezésre, pl. mert az adott típusú gépből csak egy darab van a gyárban, vagy az adott tevékenységet csak egy munkahelyen végzik, azaz nincs elegendő adat a statisztikai elemzéshez, a bekövetkezés valószínűségének számszerű meghatározásához.

A munkavédelmi kockázatértékelés lehetőségéhez nagymértékben hozzájárultak azok az epidemiológiai kutatások, amelyek különböző foglalkozási megbetegedések kiváltó okaival összefüggéseket igazoltak, és meghatározták a különböző kockázati tényezőket, számszerűsítették az események bekövetkezési valószínűségét a különböző expozíciós szintek mellett. A kockázatok számszerűsítése bizonyos jellemzők mérésével történik, a döntés alapja e jellemzők jogszabályban meghatározott határértéke, ezek általában foglalkozási ártalmak pl. kémiai- zaj- vagy rezgésexpozíció. [13]

Előfordul, hogy a kockázatértékelés elvégzése során a meglévő intézkedések után maradó kockázat meghatározására szorítkoznak és – bár ezzel a pillanatnyi állapotot helyesen értékelik – ezzel az egyszerűsítéssel elvesztik a meglévő védelmi intézkedések fejlesztési lehetőségét. A **kockázatsökkentés munkavédelmi elveinek megfelelően a kockázatértékelést jobb és jobb megoldások megvalósítására kell felhasználni, pl. a veszély kiküszöbölésére**, több veszélyre közös védelmi intézkedés kidolgozására, az egyébként elfogadható védelmek hosszú távon tervezett kiváltásával. Az egyszerűsített kockázatértékelés nem indokolja az egyéni védőeszköz használat vagy a kiemelt oktatások elrendelését, hiszen ezeket adottságnak fogadja el a vizsgált eredeti állapothoz tartozó formában.

A munkavédelemben a tevékenység megkezdése előtt teljes körű, illetve tervezett változások előtt a változás által érintett területekre készül kockázatelemzés. Az új, illetve módosított tevékenység megkezdésének feltétele, hogy a maradó kockázat az elfogadási értéknél kisebb legyen.

Közismert példa a tervezett változások kezelésére az **előzetes kockázatértékelés és üzembe helyezés**, illetve a felismert **jelentős technológiai változások** által megkövetelt kockázatértékelés. Néhány további kisebb-nagyobb változás, pl. **az előzetes orvosi alkalmassági vizsgálat**, személyi tényezőkhöz tartozó kockázatot ellenőrzi, vagy az **új anyagok, eszközök, védőeszközök bevizsgálása, egy új épületrész átadása**. Az utóbbi példák közös jellemzője, hogy jelentősen befolyásolják a teljes kockázati képet, maguk is veszélyeket azonosítanak, és ezek vállalhatóságáról döntenek, járhatnak korrekciós intézkedésekkel, dokumentáltak, az érintettek az eredményről tájékoztatást kapnak. **Ezek a tevékenységek önmagukban is értékelhetők kockázatértékeléseként**, pl. az előzetes orvosi alkalmassági vizsgálat az új személlyel érkező kockázatot szűri, a vizsgálatot dokumentálja és igazolást ad ki, és korlátozást is tartalmazhat. A munkavédelmi gyakorlatban a változások kezelése tehát néha a kockázati kép frissítésével – teljes kockázatértékelés – vagy az egyes területek kockázatértékelési eredményének a teljes kockázatértékeléskor történő figyelembevételével történik meg, azaz a cég kockázatértékelésénél az üzembe helyezések, alkalmasság vizsgálatok, felülvizsgálatok elvégzését vizsgálják felül dokumentumok alapján.

Idővel a termelési folyamatok apróbb változásai, a gépek elhasználódása vagy épp a dolgozók szokásainak átalakulása várható, és még a legalaposabb tervezés mellett is azzal kell számolni, hogy ezek teljeskörűen nem lesznek korrigálva, valami elkerüli a figyelmet. Az ilyen törvényszerűen megjelenő, nem tervezett, nem észlelt változások hatását hivatott a rendszeres felülvizsgálat. Az átfogó kockázatértékelés szerepe egy nagyon gondosan karbantartott kockázati kép esetén is megmarad, hiszen a

kisebbségre, véletlennek betudható változások, vagy az idővel megjelenő változások és a hozzájuk kötődő újonnan megjelenő kockázatok ezzel kerülnek fel a kockázati képre.

3.4 Intézkedések

A **munkáltató** rendelkezik a munkahellyel, eszközrendszerrel, a tevékenység meghatározás lehetőségével és a munka biztonságos elvégzéséhez szükséges ismerettel, így az ő **kötelezettsége**, hogy a munkát megszervezze, és biztosítsa a munkavégzés feltételeit, ide értve pl. technológiát, anyagokat, létesítményt, a munka- és védőeszközöket. A kockázatértékelés elkészíthető a meglévő és különböző tervezett intézkedés változatokra is, így az intézkedések kockázatsökkentő hatása kimutatható. Az ésszerű döntés meghozatalához **költségszámítások** is készülhetnek a tervezési időszakra vonatkozóan, számításba véve az intézkedések költségét, várható hozadékokat – pl. termelékenység javulás –, és a tervezett intézkedés megvalósításával elmaradó – pl. hiányzások, kártérítések, büntetések – költségeket.

3.5 Dokumentáció és kommunikáció

A munkavédelmi gyakorlatban a kockázatértékelési dokumentáció a különböző kockázatértékelési területekre kiterjedő kockázatértékelésből áll, és rendszerint részletesen tartalmazza az alkalmazott jogszabályokat is. A **kockázatértékelési módszertan** komoly **szellemi alkotás** is lehet, melyet a szolgáltató nem feltétlenül bocsát a megbízó rendelkezésére, így elég lehet a kockázatkommunikációhoz és az intézkedésekhez szükséges kockázati képből, ennek helytállóságáért felelős kompetens személy adataiból, az adat-felvételzés körülményeiből, javasolt intézkedésekből (egyéb formai elemekből) álló kockázatértékelést átadni, és szakmai felelősséget vállalni magáért a munkáért, esetleg a teljes kockázatértékelés letétbe helyezése mellett.

A kockázatkommunikáció külön nevesített követelmény a munkavédelmi szabályozásokban. Minden dolgozót tájékoztatni kell a kockázatértékelés eredményéről, és biztosítani, hogy **mindenki tisztában legyen a rá vonatkozó kockázatokkal, azok csökkenési lehetőségeiről és a kárenyhítés módjáról**. A kockázatokról a munkavállalókkal közvetlenül, vagy a munkavédelmi képviselők bevonásával kell a munkáltatónak konzultálnia. A kockázatkommunikációnak ki kell terjednie a vállalkozás tevékenységével veszélyeztetettek teljes körére, tehát a látogatókra, az idegen munkavállalókra, vagy pl. – külön is szabályozott módon – az építkezés környékén lakókra is.

3.6 A dolgozó szerepe

A munkavédelmi intézkedésekben kiemelt szerepük van a dolgozóknak: egyrészt az ő épségük megóvása az egész tevékenység célja, másrészt gyakran fordulnak elő dolgozói szabályszegések, ami ahhoz vezet, hogy a balesetek kialakulásának gyökér okaként a dolgozói viselkedést azonosítják.

A munkavédelmi szabályozás tisztázza a dolgozók és a munkáltató kötelezettségét és jogait, illetve előírja az együttműködési kötelezettséget és ennek módját is, de lényegében a felelősséget a problémagazda munkáltatókra helyezi. Egyes munkáltatók a szabályok sokszor nehezekebbé tenné érvényesíthetőségét felismerve a dolgozói **viselkedés befolyásolására**, a biztonsági kultúra fejlesztésére **irányuló programokat** dolgoztak ki, melyek a

munkafeltételek kötelező biztosítása, a képzések és tájékoztatások mellett további intézkedéseket tartalmaznak a dolgozói viselkedés kedvező befolyásolására.

4 ÖSSZEGZÉS

Napjainkra széleskörűen alkalmazott módszeré vált a kockázatkezelés. A kockázatmenedzsment szabvány és a különböző kockázatértékelési módszertanok alapján egy átfogó kockázati koncepciót rajzolódik ki.

A munkavédelemben alapvető a kockázat fogalma és a kockázatkezelés, melyet jogszabályok is előírnak. Fő sajátosság, hogy a védett érték a munkavállaló és munkavégzés körzetében tartózkodók egészsége és biztonsága, a veszélyek a munkáltató tevékenységéből adódnak, így ő a problémagazda. A különböző forgatókönyvek a veszélyek megfogalmazásában jelennek meg, és nem számolnak a szándékos károkozással. A biztonságos állapotot minimális egészségi és biztonsági követelmények teljesülésével illetve határértékek betartásával jellemzik.

A munkavédelmi kockázati kép is összetett, jellemzően több értékelési területből áll, melyekhez a változások követésére alkalmas eljárások tartoznak.

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] MSZ ISO 31000:2018 Kockázatmenedzsment. Irányelvek
- [2] Fregan Beatrix: Kockázatelemzés, kockázatértékelés, Óbudai Egyetem Biztonságtudományi Doktori Iskola, Budapest, 2013. ISBN 978-615-5018-98-5
- [3] MSZ EN ISO 12100:2011 Gépek biztonsága. A kialakítás általános elvei. Kockázatértékelés és kockázatsökkentés (ISO 12100:2010)
- [4] Serrat O. (2017) The Five Whys Technique. In: Knowledge Solutions. Springer, Singapore 2017, doi:10.1007/978-981-10-0983-9_32, ISBN 9789811009839, (letöltve: 2019. február 28.)
- [5] JAMES REASON (1995): A systems approach to organizational error, *Ergonomics*, 38:8, 1708-1721, DOI: 10.1080/00140139508925221 (letöltve: 2019. február 28.)
- [6] Jerry D. Ramsey, *Ergonomic factors in task analysis for consumer product safety*, *Journal of Occupational Accidents*, Volume 7, Issue 2, 1985, Pages 113-123, ISSN 0376-6349, [https://doi.org/10.1016/0376-6349\(85\)90022-7](https://doi.org/10.1016/0376-6349(85)90022-7). (letöltve: 2019. február 28.)
- [7] Raphael Moura (2017), Michael Beer, Edoardo Patelli, John Lewis, Franz Knoll: Learning from accidents: Interactions between human factors, technology and organisations as a central element to validate risk studies, *Safety Science* 99 196–214
- [8] A Tanács Irányelve (1989. június 12.) a munkavállalók munkahelyi biztonságának és egészségvédelmének javítását ösztönző intézkedések bevezetéséről (89/391/EGK)
- [9] 1993. évi XCIII. törvény a munkavédelemről és a végrehajtásáról szóló 5/1993. (XII. 26.) MüM rendelet
- [10] MSZ ISO 45001:2018 A munkahelyi egészségvédelem és biztonság irányítási rendszere. Követelmények alkalmazási útmutatóval
- [11] Nemzeti Munkaügyi Hivatal: Segédlet a munkahelyi kockázatértékelés elvégzéséhez, Budapest, 2014 (www.ommf.gov.hu/letoltes.php?id=5877, letöltve: 2019. február 28.)
- [12] ECSC-EC-EAEC: Guidance on risk assessment at work, Brussels, 1996. ISBN 92-827-4278-4
- [13] Health and Safety Authority: Guidelines on Risk Assessments and Safety Statements, Dublin, 2006

Can we avoid a lightning strike if we are in an open space?

Elkerülhetjük-e a villámcsapást, ha nyitott térben tartózkodunk?

Kasza Zoltán

Doctoral School on Safety and Security Sciences, Óbuda University, Hungary
kaszazoltan81@gmail.com

Abstract: The humanity has been in constant struggle with natural forces since ancient times. In this struggle, lightning protection has played a prominent role and nowadays, one of its main areas is the protection of human lives. We wouldn't even think of the dangers of storms during our various leisure activities. This article draws attention to the various sources of danger and proposes to eliminate these hazards.

Keywords: leisure activities, lightning strike, danger, security measure, protection of human life

Összefoglalás: Az emberiség fejlődése során ősidők óta folyamatos küzdelemben áll a természeti erőkkel. Ebben a küzdelemben kiemelt szerepet kap a villámvédelem melynek fő feladata az emberi élet védelme. Nem is gondolnánk, hogy különböző szabadidős tevékenységünk során milyen veszélyben lehetünk zivatartok kialakulása idején. Jelen cikk a különböző veszélyforrásokra hívja fel a figyelmet és javaslatot tesz ezen veszélyek elhárítására.

Kulcsszavak: szabadidős tevékenység, villámcsapás, veszély, veszélyeztetettség, biztonsági intézkedések, emberi élet védelme

1 INTRODUCTION

Persons, organizations and objects are threatened by various kinds of natural and artificial hazards. Natural dangers and events causing severe damage are called natural disasters. Artificial hazards are on the other hand can be external human actions (e.g. forced entry), on the other hand the impact of internal voluntary or inadvertent human actions (e.g. unexpected fire, explosions, mechanical damage, losses, etc.) and in extreme situations, industrial disasters.

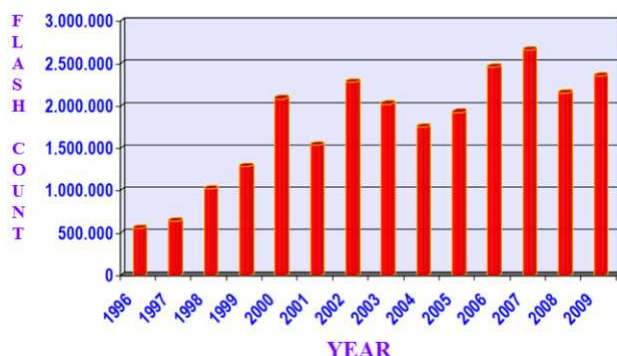


Figure 1: Increase of lightning strike numbers in Germany [2]

Nowadays, based on the natural phenomena, we can conclude that global warming caused by infrastructural activities of man increased the number of lightning strikes. As much as 1% of temperature rise will increase the number of lightning strikes by 6% per annum [1].

Parameters of strikes are also increasing (e.g. lightning density, peak value). This demands higher attention to these natural contingencies. Should we spend time in open spaces outside either due to work or during recreational activities, there is a risk of lightning strike. Employees are reminded of this danger upon their work safety training, but do we think about the fact that we are at risk of lightning strike during recreational activities? Many of us remember those kinds of accidents when people working on the fields or even returning home (bringing their metallic tools on their shoulders) were struck by lightning. In the present article I would like to draw attention to the danger of lightning strike during some outdoor works and recreational activities and to the preventive actions to it.

2 THREATS IN NATURE

While spending time in nature, one is exposed to two hazards as well. One is the direct lightning hit, the other is the potential funnel formed. The direct hit is deadly, due to its lightning current can reach up to 200 kA. The only solution against it is to avoid this current route. The other case is when the lightning strike creates a potential funnel around the point of impact, which causes high touch and step voltages. Between the limbs of the person in the open space, a life-threatening difference in potential may build up that in the worst case can cause death when current damages essential organs.

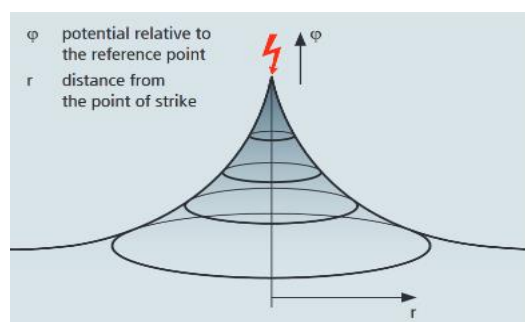


Figure 2: Potential funnel in ground [3]

In the news we can often hear about events when animals died however they were not hit by direct lightning. Step voltage is behind this kind of damage.

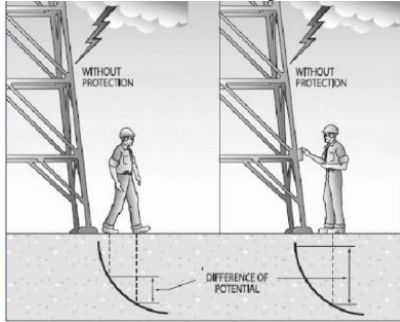


Figure 3: Formation step and touch voltages [4]

2.1 Lightning formation

In case of high air pressure difference, clouds start moving. Due to the friction between clouds and air flowing below, water molecules are torn away, creating positive and negative charged ions. Ions with negative charge are heavier, so these will take place on the bottom part of the cloud. So, the lower part of the cloud will have negative, the upper part will have positive charge, therefore an electric condenser is formed.

The ground surface is also ionized, its surface will have positive charge as well. When the voltage difference between the two “conductive plates” exceeds a certain level, discharge occurs. This is how lightning is formed between cloud-cloud and cloud-ground. The charged ions’ speed is higher than sonic speed so in each case we hear a sonic boom or thunderclap.

As air is compressed in the way of lightning, its speed is decreased and it is forced to change direction. This is why lightning travels a crisscross path. The reason we hear several thunders during lightning strikes is that this above-mentioned speed changing (acceleration – deceleration – new acceleration) is repeated several times. Accelerating ions emit light, therefore making their path visible. Acceleration may reach a level that leads to higher energy gamma radiation.

2.2 When are we in danger?

To define the distance of lightning, we only need to know the time gap between the lightning’s light and the thunderclap. Light almost immediately covers the sought distance since it travels at a closely 300 000 km/s (!) speed. This is why it is enough to calculate only with the speed of sound, which is more or less has a value of 340 m/s. By rounding ($v = 333$ m/s) we can get a calculation method easy to remember, that is, sound travels one kilometer in three seconds. Therefore, dividing the time gap by three, we will get the distance in kilometres.

If the time gap is gradually decreasing, we can say that lightning is trending towards us, so it is worthwhile to prepare for a lightning hit in our environment. It is a very bad signal if our hair stands on end (image 1) or if we hear the sputtering or ringing of metallic tools (e.g. pickaxe) we have with us. At this time, we still have a few seconds to quickly give up our tools and move to an adequate place, because in a few moments there will be a lightning hit at very close quarters. During this short time, we should get a low positioned squatting.



Image 1: Hair indicating lightning strike [5]

A few general rules

Pillars, trees, overhead wires, different projecting objects pose a high risk in terms of lightning strike. During thunderstorms we should avoid standing close to these. To minimize the risk of lightning hit, the most important is to go to a protected area. There are some general rules that in every case must be observed. These are:

- Avoid lying on the ground.
- If we are on a plain area, crouch and hug knees to the chest with closed legs.
- Lie tools on the ground.
- Diverge from the vicinity of projecting objects for at least 3 metres.
- Take a place into a protected area



Image 2: Lightning strike to tree [6]

3 SOME CASES OF STAYING IN OPEN SPACE

2.3 On plain areas

On plain areas lightning aims at projecting points, but does not always hit the highest objects. If we do not have the possibility to go to a safe area, avoid waterfronts, wet areas, and water streams and try to take the lowest possible position. With the heels together, crouch and hug knees to the chest. If there are more of us, keep a distance of at least 5 meters from each other.

2.4 The „tree” case

Protection from the rain offered by the foliage of trees is very tempting, but one might raise the question if it is permissible to stand below a tree in these situations. Keeping some rules in mind, yes. We shall stand as far from the trunk – as conductor – in this case (see Image 2) as possible (min. with our body height), so the optimal position is the edge of the foliage.

2.5 Being on sport courts and on sport events

Most sports events are organized on outdoor locations where spectators sit on spectators' terraces.



Image 3: The Etihad Stadium in Manchester [7]

In case of thunderstorms the vicinity of projecting objects (flagpoles, result advertising posts, etc.) should be avoided. Staying on the spectators' terrace is safe only if the building is covered and has lightning protection.

It is important to remark that in case of open terraces, lightning with the highest lightning current ($I = 200 \text{ kA}$) may reach and hit the surface of the play field even if the building around the terraces has lightning protection on it (see Image 3). A possible countermeasure would be to bypass the open part cross-ways with cables in a way that the distance between the cables is no more than 20 meters. In this case the cable, by acting as a lightning conductor, creates the protected space above the field and protects players and people standing there.

2.6 Fishing, camping and swimming

In the summer good weather offers opportunities for several outdoor activities. We rarely think about that the tools used by us and presumed harmless might rush us into danger. Staying close to tent poles, fishing rods and pool equipment puts us at risk, since these metal appliances attract lightning strikes. If we are in the water, we should immediately come out, leave the waterfront and go to a safe area. A countermeasure may be the usage of isolation mats or staying in an automobile or trailer, as the metal body protects those inside by acting as a Faraday cage.

2.7 Mountaineering

When standing on hill ridges or mountaintops, or during rock-climbing we are acutely exposed to the risk of lightning hit. Ladders, chains, metal tools attract lightning, therefore in case of the formulation/approaching of thunderstorms it is worth getting rid of these tools. If we do not have time to descend to a valley, then move to a cave if we can stand at least 1.5 meters away from the entrance and the walls.

2.8 Outdoor cultural events, festivals

When visiting festivals, the above-mentioned rules apply, with a difference. We should only move to metal containers, different small booths or large tents only if they are applied with lightning protection. My own experience is that most of these buildings are without lightning protection, therefore it is safer to sit in an automobile or bus as its metal frame protects us.

2.9 In town, in populated areas

On populated areas we are mostly safe, since we are in protected space. Due to lightning conductors on buildings, the height of buildings will give protection against

lightning strikes. When leaving the protected space (squares, open areas) we can be safe by observing the rules above.

2.10 On ship & boat

Ships are exposed to the risk of lightning strikes on open water, in harbors and on land as well, therefore the protection of the lives of passengers and crew is very important. The number of lightning strikes is higher on land as on open water, therefore for different calculations regarding harbors, values for land should be applied. Water is an excellent conductor, so fishing rods and mast act as arrestors. In case of inadequate protection, lightning will find its way towards the ship's body, and as a result a hole might be burnt into the body. On open water this is mostly detectable, but in case of vessels left in harbor for the winter, this could result in the unnoticed sinking. In case of the lightning protection of ships, we should protect against the secondary effects [8] of lightning as well which saves the sensitive equipment (e.g. navigation, communication equipment, etc.) on board. In case of staying on open water, far away from land, the protection of navigation and communication equipment is highly important. Not only avoiding this equipment going out of service is important, but also the safety of stored data should be ensured [9].

If the ship body is made of metal, which is directly connected to the metal structure, there are no further actions needed for the spreading of the lightning current. If lightning hits the mast, then most part of the lightning current and partial lightning currents will travel toward the water through the mast, the poles, the hull and the keel.

If the ship body is made of non-metallic material (wood, plastic, composite), then lightning protection measures are required. If the mast is non-conductive, then a lightning arrestor of at least 12 mm diameter should span at least by 300 mm beyond the mast and the cross section of the lightning conductor should be at least 70 mm^2 . All connections of the lightning current should be solely bolted, riveted or welded. It is worthwhile to apply arrestors on the bends of the ship body (see Figure 4) and ground them towards the water. If this is not possible, portable grounding may be used (see Figure 5). In harbors, during stationing, ship bodies are in most cases connected to ground potential with portable grounding.

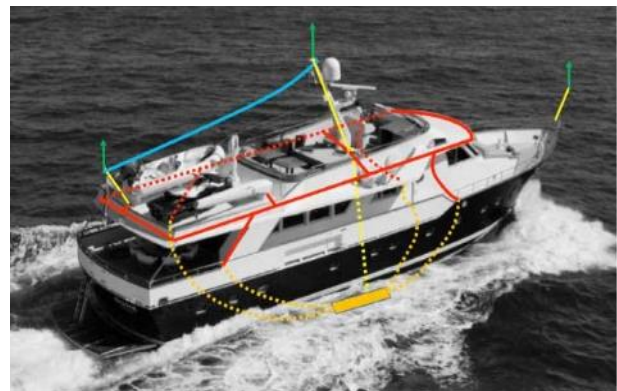


Figure 4: Conductors in use [10]

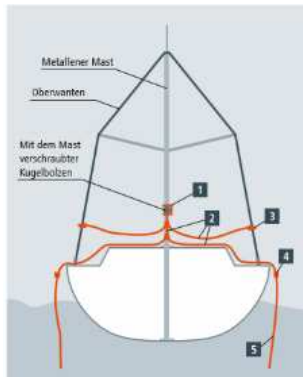


Figure 5: Mobile grounding in use [11]

2.11 In car

In case of lightning hit to an automobile, lightning current will pass through the bodywork, partly through the suspension and finally discharge to the ground through the brake disc (rims) (see Figure 6). The metal bodywork protects the passengers (see Figure 7) as referred to in section 3.4. It is important that the person staying in the automobile should not touch the steering wheel or the door. In the future electric drive vehicles are expected to become more and more widespread. In order to increase effective range, manufacturers are planning to produce the car bodies out of non-metallic materials (plastics, composite materials). These materials are not conductive, but have insulating properties. Due to their short effective range, electric drive automobiles (cars, buses) are mostly used in populated areas, cities at that. This gives protection against lightning strikes. Buildings, due to their height and arrestors placed on them grant safety against lightning hits.

Some questions may rise up what happens in case an electric vehicle exits this protected area:

- What happens in case of a lightning strike?
- Are passengers in danger?
- Is there any lightning protection?



Figure 6: Lightning current route in schematic diagram and in reality [12][13]



Figure 7: Action in case of thunderstorm [14]

Technically, the aim is to capture the lightning and conduct it towards the ground.

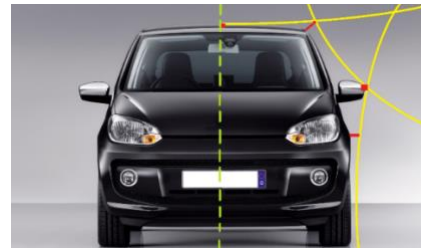


Figure 8: Rolling sphere design for a commercially available car (own editing)

To find the fixing points, we should use the rolling sphere method. This is a procedure to design the lightning arrestors, according to which the protection is appropriate, if a rolling sphere of given radius cannot come in contact from the outside with the protected surface without touching the lightning arrestor. In practice, this means that we are moving a sphere of given radius in the space around the protected object (building, vehicle, etc.) and where the sphere touches an object, that will be the hitpoint of the bolt.

With this design method the given object can be protected, because the protected surface will get into the protected space, since the sphere reaches the end point of the protective conductor (better known as lightning arrestor) first. For this design method there are different kinds of 3D software available. As a result, we get a blanket-like surface around the given object, behind which is the protected space (Figure 9).

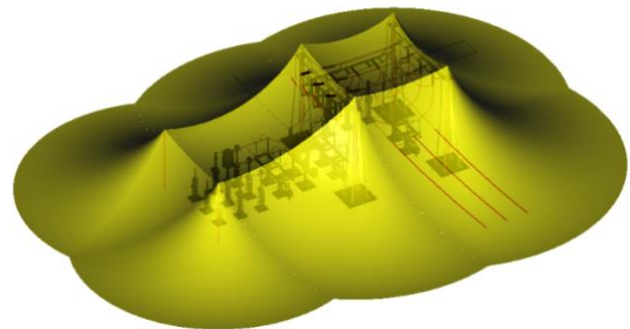


Figure 9: 3D diagram of the rolling sphere design [15]

According to the abovementioned method, lightning is most easily "captured" by a well placed metal body, which therefore is protecting the surfaces. In case of electric vehicles, for this purpose, a mechanically fixed radio antenna is partially suitable. It is important that the leading wind should not bend the antenna in any direction, since this is protecting a part of the body. For this, adequate mechanical fixing is a must. Moreover, the vehicle must be provided with arrestors on several other points as well.

Figure 8 shows an electric vehicle available on the market, currently manufactured with a metal body. On the left side, the actual, original condition of the vehicle is visible, on the right side the rolling sphere design with the planned arrestors (red markings). We should notice that thanks to the arrestors, the sphere is not contacting the vehicle surfaces, therefore protecting not only the automobile, but the passengers as well. The figure shows one variation of the theoretical design and displacement of

arrestors. Of course, in case of the vehicle's complete design, the full three-dimensional protection of the body should be compiled. Conducting the lightning current. For the implementation of lightning protection, not only capturing, but conducting the lightning current is also a problem to solve. When speaking about sizing, the largest stress must be considered, in this case this means a situation when only one arrestor and one conductor would conduct the lightning current. The system should be designed to be capable of conducting even 200kA of current without damage and warming. For this, a 50 mm² cross section conductor is perfect.

Lightning current must be conducted to the ground from the body. A solution to this might be a movable conductor that automatically reaches the ground at stops. To avoid excessive and unnecessary requisition (opening of this device at every stop, then closing at start), in practice the movement of this device should be controlled by an electric field strength gauge. This means that the mobile conductor would be automatically activated when clouds are starting to develop on the sky and therefore the electric field strength measurably changes.

A further task is the protection of electric appliances against the induced overvoltage that may appear in such cases. Electric devices in different automobiles are very sensitive to overvoltage. Protection of such appliances can be solved by installing them into metal housings, and electric cables may be threaded through protective tubes or provided with electric shielding.

4 SUMMARY, RECOMMENDATION

Based on the examples presented above, it can be clearly seen that during the formation of a thunderstorm we can easily and quickly get into a number of emergency situations. Many people don't know what to do in such a situation, so my suggestions are:

- Orient public education actors to make the examples mentioned in educational institutions (e.g. physics lessons, class teacher classes).
- To expound these examples at various health courses (e.g. health and safety training, OKJ trainings, vocational training, medical license for obtaining a driving license, etc.).
- Encourage the industry to invest in innovative investments, e.g. for better lightning protection systems.
- It is advisable to consider the possibilities of solving the detected technical problems in the process of international standardization. For example, there is currently no standard for lightning protection for non-metallic bodywork vehicles.
- Information for tourists on different trips (e.g. hiking)

The attention of workers at safety educations is called by the employer, but are we thinking of our leisure activities being at risk of lightning during some outdoor activities? In any case, the goal is to go to the nearest protected space as

soon as possible, and if this is not possible we can only reduce the risk. Different degrees of vision and hearing loss may occur. The importance of the topic justifies, on the one hand, that these emergency situations are differentiated into the materials of the top-level professional training, and on the other hand, the current technical solutions are considered in the development of international standards, as this makes it possible to achieve even more secure level of protection.

REFERENCES

- [1] Kulcsár, Lajos: *Szigetelt villámvédelem (II.)*, Elektroinstallateur 2012/5, Budapest, 2012
<http://www.proepster.hu/wp-content/uploads/2012/05/szig-vill-2.pdf>
Downloaded: 22.04.2018
- [2] Dr. Kovács, Károly: *Villám- és túlfeszültségkároka gyakorlatból*
<http://www.mee.hu/files/images/files2/u9/5.%20Kov%C3%A1cs%20K%C3%A1roly%20-%20fotovillamos.pdf>, p.3
Downloaded: 05.05.2019
- [3] BLITZPLANER® 4. aktualisierte Auflage
https://www.elvatec.ch/sites/default/files/uploads/dehn/DEHN-AT/pdf/Druckschriften/blitzplaner_2018_gesamt.pdf, p.26
Downloaded: 03.04.2019
- [4] https://www.researchgate.net/figure/Step-and-touch-voltage_fig1_273123656
Downloaded: 04.05.2019
- [5] <https://player.hu/eletmod/9-kulonleges-foto/>
Downloaded: 05.05.2019
- [6] <https://firestation.wordpress.com/2013/02/11/incendios-ocasionados-por-rayos/>
Downloaded: 01.03.2019
- [7] <https://chrome.google.com/webstore/detail/the-etihad-stadium-manche/pblncgmfiadckfddeaknlbcbjjgaig>
Downloaded: 08.03.2019
- [8] <http://kamaraonline.hu/cikk/villamcsapas-a-karok-90-szazalekat-amasodlagos-hatas-okozza>
Downloaded: 07.10.2018
- [9] Kiss, Miklós: *Challenges of the mobile and location based technologies*, In: Zoltán, Rajnai; Peter, Schmidt; Mária, Szivosová; Pavol, Jurík (edit.), Seventh International Scientific Videoconference of Scientists and PhD. students or candidates „Trends and Innovations in E-business, Education and Security “ : Proceedings, Bratislava, Szlovakia : University of Economics in Bratislava, (2018) pp. 32-41., 10 p.
- [10] <https://www.boatus.com/seaworthy/magazine/2016/january/lightning-protection.asp>
Downloaded: 12.03.2019
- [11] BLITZPLANER® 4. aktualisierte Auflage
https://www.elvatec.ch/sites/default/files/uploads/dehn/DEHN-AT/pdf/Druckschriften/blitzplaner_2018_gesamt.pdf, p.521
Downloaded: 03.04.2019
- [12] <https://carzindiatoday.blogspot.com/2018/06/what-happens-when-lightning-hits-carhow.html>
Downloaded: 12.03.2019
- [13] <https://www.sciencefacts.us/when-lightning-strikes/>
Downloaded: 18.03.2019
- [14] <https://www.daily-sun.com/post/135946/How-to-protect-yourself-from-a-lightning-strike>
Downloaded: 18.03.2019
- [15] <http://www.cadsolutions.com.au/lightningprotection/>
Downloaded: 21.03.2019

Development of Selective Laser Melting of Ti6Al4V Alloy for Tissue Engineering: Review

Hassanen Jaber*, Tünde Kovacs**

*Doctoral School on Materials Sciences and Technologies/Óbuda University, Budapest, Hungary.

*Biomedical Engineering Department, Faculty of Engineering, University of Thi-Qar, Nasiriyah, Iraq.

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

hassen.jaber@bgk.uni-obuda.hu

kovacs.tunde@bgk.uni-obuda.hu

Abstract — 3D printing, particularly Selective Laser Melting (SLM), is an important technology in biomedical engineering applications. The recently developed Ti alloys for biomedical applications are followed by the challenges of understanding the phase transformations and mechanical properties during the SLM cycles. The present paper reviews the fundamental understanding of SLM thermal technology influencing the microstructure evolution of Ti6Al4V alloy. The focus is on the effect of parameters of SLM on microstructure and mechanical performance of Ti6Al4V alloy. In addition, review the most important problems and solutions.

Keywords: Selective Laser Melting; Ti-6Al-4V; phase transformations; Ti6Al4V.

1 INTRODUCTION

According to ASTM [1], the 3D printing is described as the processes of building three-dimensional parts by addition and joining the powder of material layer by layer based on a CAD file. currently, there are six types of 3D printing on the basis of the technique used:

1. Selective Laser Melting (SLM),
2. Digital Light Processing (DLP),
3. Ultrasonic Consolidation (UC),
4. Deposition Modeling Technology (FDM),
5. Electron Beam Melting (EBM), and
6. Selective Laser Sintering (SLS)

Selective laser melting (SLM) is one of the most common 3D printing process which is currently used in biomedical applications especially implants [2,3]. The most fundamental characteristics of SLM technique are

1. extra degree of freedom in complex design structure,
2. high production speed,
3. high precision.

Biocompatibility of implants, which is defined as the material's capacity to carried out with a suitable host response. The most suitable material for most implants in the human body is metallic alloys including Ti-alloys, CoCrMo, and stainless steel. Due to superior biocompatibility, excellent corrosion resistance, and unlike

Co–Cr or stainless steel, does not cause hypersensitivity, make titanium alloys, particularly Ti6Al4V useful for medical engineering applications [4].

One of the key problems to be to be solved for SLM of Ti alloys is the influence of parameters of SLM on the energy density of laser beam that effects on the quality of the final part. Whereas, a too low energy density will not be able to generate adequate heat energy and leading to lack of fusion porosity and balling [5]. A too high energy density also is not advisable as it results in keyholing defects from the melting materials [4]. Keyholing reasons powder vaporisation and produces circular porosity throughout the construction. For example, low energy density can be produced from large layer thickness, high scanning speed, and low laser power. In addition, high energy density can be produced from high laser and low scanning speed. Therefore, it is needed to adjust SLM parameters so that the balling and keyholing defects are not guaranteed.

2 SELECTIVE LASER MELTING (SLM)

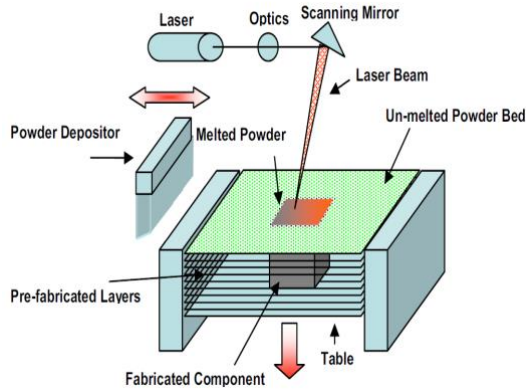
In SLM, the powder material is heated and melting in which heat is generated via laser beam, continually at a wavelength of 1075 nm by Yb: YAG or Nd: YAG crystal and rapid solidification of the material melted into the desired component. The SLM process is composed of a sequence of steps [6], starts from

- i) 3D CAD file data,
- ii) Stereo Lithography (STL) files,
- iii) Slicing the layers,
- iv) Construct the part in a layer by layer

The construction method for SLMs as shown in figure 1 begins with the use of a powder depositor to deposit a thin layer of metal powder as a layer thickness onto the top of the metal substrate plate. Using a high-energy laser after layer deposition, selected areas are melted and fused using the CAD data processed. After a single layer is scanned by laser, the substrate plate is lowered by a quantity equal to the thickness of layer and a new layer is deposited upon the previous layer using powder depositor. The SLM technology is replicated layer after layer till the needed product has been completed.

Titanium is highly reactive and sensitive to oxygen, carbon, hydrogen, and nitrogen in liquid state, and even when heated at temperatures above 650 ° C in the air [6].

The Ti alloys are likely to dissolve discrete quantities of oxygen and nitrogen into solution at high temperatures. For these purposes the titanium SLM needs protection against oxygen and nitrogen, such as argon inert gas to prevent embrittlement and contamination, even more than other metals like aluminum or iron.



1. Figure: Schematic diagram of Selective Laser Melting (SLM) [7].

The SLM is a complex process in which the metallurgical and mechanical performance of the final product are influenced by various parameters as shown in figure 2. As mentioned above, there is a minimum energy density of laser beam to ensure that no balling and maximum energy density of laser beam to ensure that no keyholing. Therefore, the most important SLM parameters, namely laser power, scan speed, hatch spacing and layer thickness, which determine energy density, should be adjusted so that the sufficient energy density is obtained. The physical principal for achieving this energy density (E) to a volumetric unit of powder material is expressed by the equation [8].

$$E_{density} = \frac{P_{laser}}{v_{scan} s_{hatch} t_{layer}} \quad \text{J/mm}^3$$

where

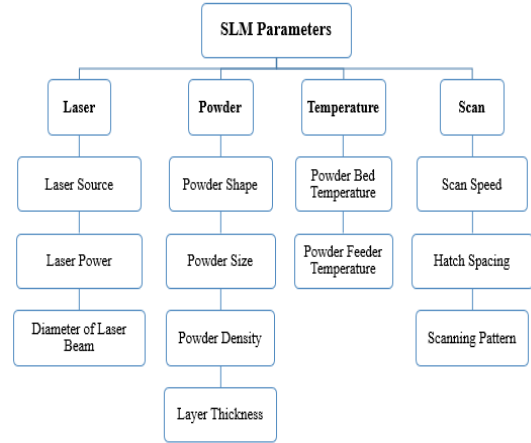
P = laser power (W),

v = scan speed (mm/s),

h = hatch spacing (mm) and

t = layer thickness (mm).

The above equations emphasize that the density of energy is strongly dependent on the layer thickness, incident laser power, hatch spacing, and scan speed. In various studies [2,6], effects on the microstructure and mechanical performance of 3D printed Ti6Al4V were studied to optimize the process, including layer thickness, laser power, hatch spacing, and scan speed.



2. Figure: Process parameters in SLM process [9].

3 TITANIUM ALLOYS

The most suitable material for implants in human body are metallic alloys (stainless steel, CoCrMos or Ti-alloys) [3]. Because of continued increased requirements for biocompatibility in human hard tissue, such as dental and bone, Ti alloys are increasing rapidly in dental and biomedical applications. Furthermore, the relatively low conductivity of titanium ($8.41 \mu\text{m/m}^\circ\text{C}$ at 20°C for Ti) (6.7 W/m.K for Ti6Al4V) and thermal expansion coefficient decreases the possibility of deformation caused by SLM technology opposed to other widespread implanted metals (21.4 W/m.K for stainless steel 316) [9]. In contrast with 316LSS (210 GPa) and Co-Cr (240 GPa), titanium alloys have much lower modulus of elasticity ($55\text{-}110 \text{ GPa}$) [10]. Depending on its microstructure, the Ti alloys can be classified into four separate groups: commercially pure, Alpha and Alpha, Alpha-beta and Metastable-Beta alloys [11].

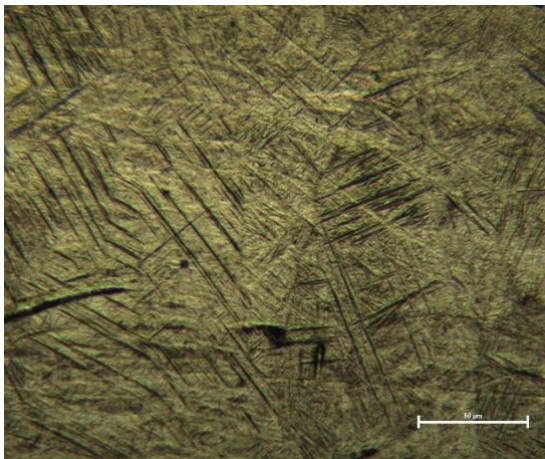
- (i) Commercially pure: Pure titanium exhibits an allotropic phase change from the close-packed hexagonal (HCP) alpha (α) phase at low temperatures to the body centered cubic (BCC) beta (β) phase at approximately 882°C . The commercially pure titanium alloys range in yield strength from approximately 240 MPa to 550 MPa . In this category are the five “unalloyed grades” of ASTM specification, including ASTM grade 1 (99.5%Ti), ASTM 2(99.3%Ti), ASTM 3 (99.2%Ti), ASTM 4 (99.0%Ti), and ASTM 7 (99.4%Ti).
- (ii) Alpha and near-alpha that possess primarily alpha phase based microstructures and less than 10% β phase, and in some cases, the microstructure is entirely alpha phase. Alpha

and near-alpha grades such as Ti-6Al-2Sn-4Zr-2Mo, and Ti-1100.

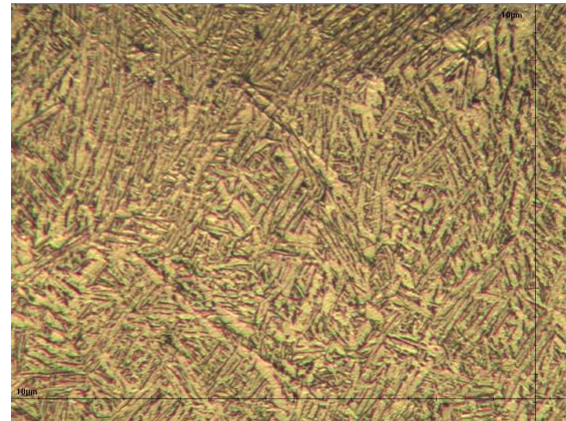
- (iii) Alpha-beta titanium alloys consist of a mixture of alpha and beta phase. Ti-6Al-4V is one of the most common alpha-beta titanium alloys which is currently used in biomedical applications.
- (iv) Metastable-beta titanium alloys, which include Ti-13Nb-13Zr and Ti-30Ta contain high percentages of beta phase stabilizing elements. The microstructure consists from beta phase which can be hardened by formation of alpha platelets during heat treatment. The Young's modulus of these alloys is less than 70 GPa.

Ti-6Al-4V alloy

The microstructure of Ti6Al4V consist of a mixture of close-packed hexagonal (HCP) alpha and body center cubic (BCC) beta phase at room temperature and is currently one of the most widely used titanium alloys [12,13]. The microstructure of SLM printed Ti6Al4V sample is fully α' martensite (figure 3). After the heat treatment at 850 °C for 2 h followed by furnace cooling , the α' martensite is transformed into $\alpha+\beta$ microstructure (figure 4). The martensite that occurs as a result of SLM of Ti6Al4V is comparable to that obtained by resistance spot welding of steel [14,15]. Regarding the effect of adding 6% Al (α stabilizer) and 4% V (β stabilizer), it is interesting to note that beta transus increased to around 995°C [16] compared to the beta transus of pure titanium is 882°C [17]. The modulus of elasticity of Ti6Al4V is 110 GPa. The titanium alloy with a phase isomorphous beta stabilizer graph is shown in Figure 5, which could be used in additive manufacturing as a guide for tracking phase transformation in Ti6Al4V.



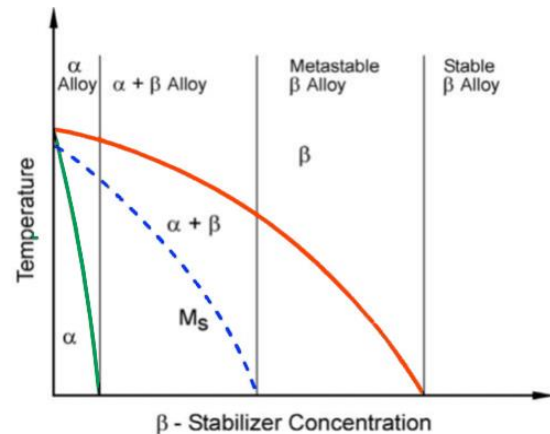
3. Figure: Fully α' martensite microstructure of Ti6Al4V.



4. Figure: Fully lamellar microstructure of Ti-6Al-4V.

4 SELECTIVE LASER MELTING OF Ti6Al4V

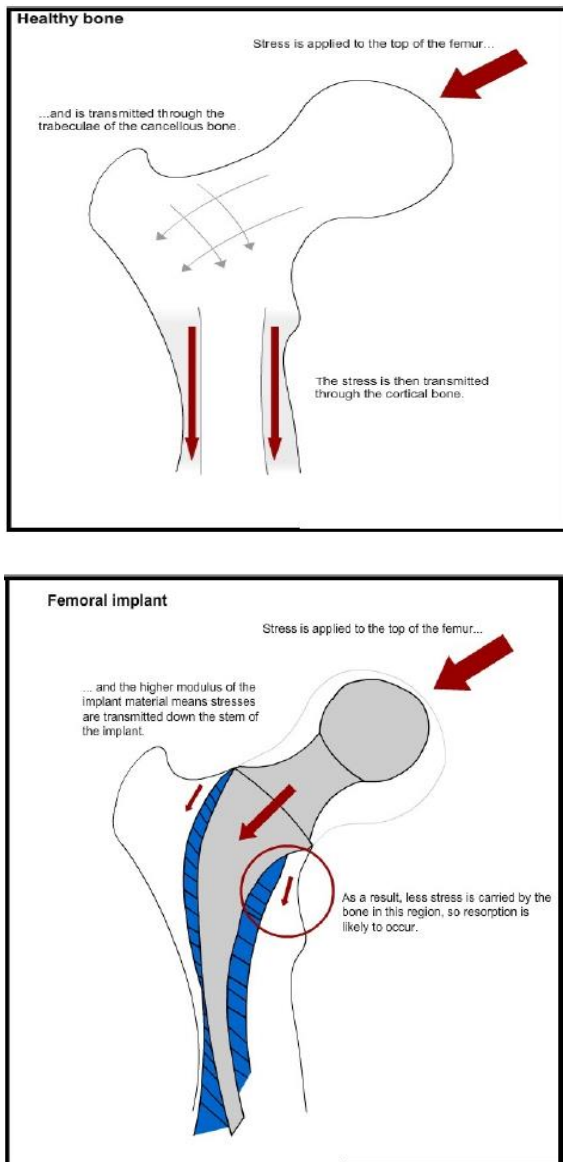
As mentioned above, one of the major problems regarding SLM of materials is their high probability to fail in balling, keyholing, and delamination depending on the parameters of technology. Parameters of the SLM technology effects on the mechanical performance and microstructure of 3D printed parts. Thijs et al.[18] investigated the SLM of of Ti6Al4V. They concluded that at power = 42W, velocity = 200mm/s, hatching spacing = 75 μ m, and layer thickness = 30 μ m the martensitic phase presented with hardness 410 ± 35 HV.



5. Figure: Pseudo-binary β isomorphous phase diagram [19].

Murr et al.[20], Qiu et al. [21], and Vrancken et al. [22] reported the formation of α' (hcp) martensite phase in the layers of SLM of Ti6Al4V.

One of the most important problems facing the full solid of Ti-6Al-4V is the difference between the Young's moduli, where Young's moduli of the metal is 110 GPa and the Young's moduli of bone is 10 GPa. And this difference leads to non-gradual or irregular transfer of stresses across the human bone/tissue to the metallic implant, which caused stress shielding effect and decrease the life of an implant in vivo as shown in figure 6.



6. Figure: healthy bone and femoral implant after applying stress [23]

The effect of porosity on the elastic Ti6Al4V modulus was investigated by Bandyopadhyay et al.[24]. They demonstrated that the elastic modulus of the porosity of implants between 23-32 vol. percent is near that of the human cortical bone. The modulus of elasticity of implant parts with porosity in the 10-18% range has been observed to be declined in the range of 33-43 GPa in contrast with 248 GPa of solid implants, as discovered by España et al. [25]. And for the purpose of increase load-bearing and bioactive implants, Hao et al. [26] investigated SLM of hydroxyapatite (HAp) and 316L stainless steel (SS) powders mixture. Biemond et al. [27] investigated or implanted the implants of SLM of metal/ hydroxyapatite in the bone of goats and after 15 weeks, a good interfacial bond between tissue of bone and the implant was concluded. The crystallographic and chemical composition of hydroxyapatite (HAp) is the same to minerals of bone, which can promote good bone osseointegration [28–30].

5 CONCLUSIONS

In conclusion, SLM become the most important process in biomedical application, appears a relatively difficult process. In brief, this paper reviews the biological, mechanical, and structural mismatches between the Ti6Al4V implants fabricated by SLM and the bone. This work focus the defects manufactured by SLM using multiple combinations of parameters. Also proposes the ideal parameters in the viewpoint of superior mechanical properties and microstructure. This review has highlighted the development and challenges of SLM technology to connection of Ti alloy and bone tissue.

REFRENECES

- [1] W.E. Frazier, Metal additive manufacturing: A review, *J. Mater. Eng. Perform.* 23 (2014) 1917–1928. <https://doi.org/10.1007/s11665-014-0958-z>.
- [2] W.E. King, A.T. Anderson, R.M. Ferencz, N.E. Hodge, C. Kamath, S.A. Khairallah, A.M. Rubenchik, Laser powder-bed fusion additive manufacturing of metals; physics, computational, and materials challenges, *Addit. Manuf. Handb. Prod. Dev. Def. Ind.* 041304 (2017) 461–506. <https://doi.org/10.1201/9781315119106>.
- [3] J. Hassanen, K. Tunde, Selective laser melting of Ti alloys and hydroxyapatite for tissue engineering: progress and challenges, *Mater. Res. Express.* 6 (2019) 082003. <https://doi.org/10.1088/2053-1591/ab1dee>.
- [4] H. Gong, K. Rafi, H. Gu, T. Starr, B. Stucker, Analysis of defect generation in Ti-6Al-4V parts made using powder bed fusion additive manufacturing processes, *Addit. Manuf.* 1 (2014) 87–98. <https://doi.org/10.1016/j.addma.2014.08.002>.
- [5] L.-C. Zhang, H. Attar, Selective Laser Melting of Titanium Alloys and Titanium Matrix Composites for Biomedical Applications: A Review, *Adv. Eng. Mater.* 18 (2016) 463–475. <https://doi.org/10.1002/adem.201500419>.
- [6] C.Y. Yap, C.K. Chua, Z.L. Dong, Z.H. Liu, D.Q. Zhang, L.E. Loh, S.L. Sing, Review of selective laser melting: Materials and applications, *Appl. Phys. Rev.* 2 (2015) 1–22. <https://doi.org/10.1063/1.4935926>.
- [7] C. Kusuma, The effect of laser power and scan speed on melt pool characteristics of pure Titanium and Ti-6Al-4V alloy for selective laser melting, Wright State University, 2016.
- [8] H. Attar, M. Calin, L.C. Zhang, S. Scudino, J. Eckert, Manufacture by selective laser melting and mechanical behavior of commercially pure titanium, *Mater. Sci. Eng. A.* 593 (2014) 170–177. <https://doi.org/10.1016/j.msea.2013.11.038>.
- [9] N.T. Aboulkhair, N.M. Everitt, I. Ashcroft, C. Tuck, Reducing porosity in AlSi10Mg parts processed by selective laser melting, *Addit. Manuf.* 1 (2014) 77–86. <https://doi.org/10.1016/j.addma.2014.08.001>.
- [10] R.E. Smallman, A.H.W. Ngan, Case examination of biomaterials, sports materials and nanomaterials, *Phys. Metall. Adv. Mater. Eng.* (Seventh Ed. (2007) 583–621. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/B978-075066906-1/50015-9>.
- [11] Y. Oshida, *Bioscience and Bioengineering of Titanium Materials*, Elsevier Ltd., 2007.
- [12] T. Ahmed, H.J. Rack, Phase transformations during cooling in $\alpha+\beta$ titanium alloys, *Mater. Sci. Eng. A.* 243 (1998) 206–211. [https://doi.org/10.1016/S0921-5093\(97\)00802-2](https://doi.org/10.1016/S0921-5093(97)00802-2).
- [13] P. Pinke, M. Réger, Heat Treatment of the Casted Ti6Al4V Titanium Alloy, *Materials Science and Technology, Special Issue – Constructional Materials 2005*, Internet Journal, MTF STU Trnava, ISSN 1335-9053. 5 (2005).
- [14] H.L. Jaber, M. Pouranvari, R.K. Salim, F.A. Hashim, S.P.H. Marashi, Peak load and energy absorption of DP600 advanced steel resistance spot welds, *Ironmak. Steelmak.* 44 (2017) 699–706. <https://doi.org/10.1080/03019233.2016.1229880>.
- [15] H.L. Jaber, M. Pouranvari, S.P. Marashi, M. Alizadeh-Sh, R.K. Salim, F.A. Hashim, Dissimilar spot welding of dual phase steel/ferritic stainless steel: Phase transformations, *Sci. Technol.*

- Weld. Join. 19 (2014)
<https://doi.org/10.1179/1362171814Y.0000000226>.
- [16] H. Galarraga, R.J. Warren, D.A. Lados, R.R. Dehoff, M.M. Kirka, P. Nandwana, Effects of heat treatments on microstructure and properties of Ti-6Al-4V ELI alloy fabricated by electron beam melting (EBM), *Mater. Sci. Eng. A.* 685 (2017) 417–428. <https://doi.org/10.1016/j.msea.2017.01.019>.
 - [17] AMS-H-81200, Heat Treatment of Titanium Alloys, (2011) 1–11.
 - [18] L. Thijs, F. Verhaeghe, T. Craeghs, J. Van Humbeeck, J.P. Kruth, A study of the microstructural evolution during selective laser melting of Ti-6Al-4V, *Acta Mater.* 58 (2010) 3303–3312. <https://doi.org/10.1016/j.actamat.2010.02.004>.
 - [19] M.J. Donachie, Titanium: A Technical Guide: ASM International, 2000.
 - [20] L.E. Murr, S.A. Quinones, S.M. Gaytan, M.I. Lopez, A. Rodela, E.Y. Martinez, D.H. Hernandez, E. Martinez, F. Medina, R.B. Wicker, Microstructure and mechanical behavior of Ti-6Al-4V produced by rapid-layer manufacturing, for biomedical applications, *J. Mech. Behav. Biomed. Mater.* 2 (2009) 20–32. <https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2008.05.004>.
 - [21] C. Qiu, N.J.E. Adkins, M.M. Attallah, Microstructure and tensile properties of selectively laser-melted and of HIPed laser-melted Ti-6Al-4V, *Mater. Sci. Eng. A.* 578 (2013) 230–239. <https://doi.org/10.1016/j.msea.2013.04.099>.
 - [22] B. Vrancken, L. Thijs, J.P. Kruth, J. Van Humbeeck, Heat treatment of Ti6Al4V produced by Selective Laser Melting: Microstructure and mechanical properties, *J. Alloys Compd.* 541 (2012) 177–185. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2012.07.022>.
 - [23] Stress Shielding, Univ. Cambridge. (2020).
 - [24] A. Bandyopadhyay, F. Espana, V.K. Balla, S. Bose, Y. Ohgami, N.M. Davies, Influence of porosity on mechanical properties and in vivo response of Ti6Al4V implants, *Acta Biomater.* 6 (2010) 1640–1648. <https://doi.org/10.1016/j.actbio.2009.11.011>.
 - [25] F.A. España, V.K. Balla, S. Bose, A. Bandyopadhyay, Design and fabrication of CoCrMo alloy based novel structures for load bearing implants using laser engineered net shaping, *Mater. Sci. Eng. C.* 30 (2010) 50–57. <https://doi.org/10.1016/j.msec.2009.08.006>.
 - [26] L. Hao, S. Dadbakhsh, O. Seaman, M. Felstead, Selective laser melting of a stainless steel and hydroxyapatite composite for load-bearing implant development, *J. Mater. Process. Technol.* 209 (2009) 5793–5801. <https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2009.06.012>.
 - [27] J.E. Biemond, G. Hannink, N. Verdonchot, P. Buma, Bone ingrowth potential of electron beam and selective laser melting produced trabecular-like implant surfaces with and without a biomimetic coating, *J. Mater. Sci. Mater. Med.* 24 (2013) 745–753. <https://doi.org/10.1007/s10856-012-4836-7>.
 - [28] H.L. Jaber, A.S. Hammood, N. Parvin, Synthesis and characterization of hydroxyapatite powder from natural Camelus bone, *J. Aust. Ceram. Soc.* 54 (2018) 1–10. <https://doi.org/10.1007/s41779-017-0120-0>.
 - [29] A.S. Hammood, S.S. Hassan, M.T. Alkhafagy, H.L. Jaber, Effect of calcination temperature on characterization of natural hydroxyapatite prepared from carp fish bones, *SN Appl. Sci.* (2019). <https://doi.org/10.1007/s42452-019-0396-5>.
 - [30] H. Jaber, T. Kovacs, Preparation and synthesis of hydroxyapatite bio-ceramic from bovine bone by thermal heat treatment, *Építőanyag ? J. Silic. Based Compos. Mater. Prep.* 71 (2019) 98–101. <https://doi.org/10.14382/epitoanyag-jsbcm.2019.18>.

Examining the applicability of Lora technology in an intelligent integral railway environment

A Lora technológia alkalmazhatóságának vizsgálata intelligens integrált vasúti környezetben

Zoltan Papp

Óbuda University, Budapest, Hungary
papp.zoltan@kvk.uni-obuda.hu

In this paper, we describe the difficulties of using LORA MOTE in the railway environment. First of all, we should have created a complex test environment in C#, which is provide us with the appropriate data from the working system. From these data, we can conclude that how can we use LORA technology in a strong electromagnetic radiation and dusty and oily environment such as railway environment.

Keywords: Lora, Mote, Measurement, Railway, Data.

Ebben a cikkben a LORA MOTE vasúti környezetben való használatának problémáit írjuk le. Először is, C #-ban létre kellett hoznunk egy komplex tesztkörnyezetet, amely szolgáltatja számunkra a szükséges adatokat a mérőrendszerből. Ezekből az adatokból arra lehet következtetni, hogy hogyan használhatjuk a LORA technológiát erős elektromágneses sugárzásban, poros és olajos környezetben, mint amilyen a vasúti környezet.

Kulcsszavak: Lora, Mote, mérés, vasút.

1 INTRODUCTION

„The implementation of integrated systems would provide high security, comfortable and cost-effective operation and prestige for the users. Integration means that the processes of each subsystem mutually interact with one another. In many cases, the subsystems have a complementary relationship. The integrated structure enables the development of a more complex rail system, which can ensure safe operation in a cheaper and more efficient way. The driving factor of the design method of the Intelligent Railway System is that: the devices communicate with each other using a unique protocol via optical hard-wire network without any centralized control. The operation of the network is guaranteed on the required security level outdoors, even if any of the system elements are destroyed. The remaining system elements still operated the network.

The aspects of network configuration are that a single hard-wire cut-off cannot cause damage of communication, therefore it is necessary to implement a loop structure of a network. In the case of double hard-wire cut-off occurs devices have secondary communication channels, which are LORA. Using this wireless communication, the system

will be able to remain in good working condition for maximum capacity and safety of railway operation.” [6]

„The principle of subsidiarity may be applied at the introduction of a new intelligent system. According to this principle, problems must be solved where they emerge, so higher-level intervention is only necessary if the problem cannot be solved on its level and it would interfere with the operation of the entire network. With the application of this principle it is possible to create an ICT-based transportation system with ambient intelligence – which typically uses wireless communication methods - that fits this structure.” [7]

In Lora networks, nodes communicate to the base station via the gateway. In our system (our local network), the IoT station responsible for the gateway and the network access. Nodes are capable of bidirectional communication with unique encryption. The data packets are extremely short. (8 bytes in our local network)

Data transfer rate can be adjusted depending on transmitter power and distance. The nodes can transmit or receive messages at a single frequency at a time. The gateway is capable of bidirectional communication with multiple nodes.

According to the edict of the NMHH (National Media and Information Office) which rules of band 868 MHz ISM (Industrial, Scientific and Medical) Lora network in Hungary. This band may have a transmission fill factor of up to 1%. This means that after 1-second transmission at a given frequency, then 99-second pause must be maintained. This rule ensures the proper communication of the devices and there isn't any device which reserves the whole frequency band. The Lora nodes constantly switch between the channels in their communication to avoid data collision. if it's occurring, the redundant message has a very small chance of re-collision.

2 LORA COMMUNICATION

2.1 Lora communication can be divided into three classes.

2.1.1 Class A:

Transmission is based on a two-way, asynchronous communication with ALOHA protocol. In this case, we can use the nodes in a "low power sleep mode", which means it consumes the least amount of energy. The transmission from the nodes to the server is possible at any time. The server communication must be buffered on it while the nodes open the communication channel.

2.1.2 Class B:

Transmission provides scheduled communication, which naturally consumes more energy than Class A. Messages delay can be set up for up to 128 seconds, which is still suitable for use with the battery.

2.1.3 Class C:

Communication is similar to Class A communication, but there is an essential difference: it can reduce the delay in communication to the downstream (nodes) so that two downward "windows" are always open and hold the end device in active mode until it receives the data packet. This allows the server to initiate communications at any time. Recommended in cases where continuous performance is required. For example, this is a wireless firmware upgrade.

2.2 Lora connection method can be classified into two types.

- ABP, Activation by Personalization
- OTAA, Over-the-Air Activation

2.2.1 ABP (Activation by Personalization) connection settings

For the ABP connection, the node must be pre-registered on the server interface and must be pre-configured the encryption keys used for communication. (Dev Addr, NwkSKey, and AppSKey)

Advantages:

- The device does not need resources to perform the connection procedures
- encryption key has no expiry date
- No specific DevEUI or AppKey setting is required.

Disadvantages:

- the encryption keys can be stolen
- encryption keys can be detected before activation
- Network settings cannot be entered during connection time

1. table Lora abbreviations

EUI	Extended Unique Identifier - a globally unique id
DevEUI	Device EUI - set by manufacturer, unique per device
AppEUI	Application EUI - identifies the end application
AppKey	Application Key - used in OTAA to generate session keys.
DevAddr	Device Address - identifies a device on a particular network.
NwkSKey	Network Session Key - encrypts the packet metadata.
AppSKey	Application Session Key - encrypts the packet payload.
nonce	A number that is only used once in cryptographic messages.
DevNonce	A random nonce sent from device to network during a join request to prevent rogue devices re-playing the join request.
AppNonce	A nonce sent from network to device during a join response that allows the device to generate the session keys.
NetID	Network Identifier - uniquely identifies the network.
DevAddr	Device Address - identifies the device within the network.
DLSettings	Downlink Settings - data rates to be used for receiving.
RxDelay	Receive Delay - time between transmit and receive.
CFList	Channel Frequency List - frequency setting for each channel.

2.2.2 OTAA (Over-the-Air Activation) connection settings

For the OTAA connection, the DevEUI, AppEUI, and AppKey keys must be configured on the server. Based on AppKey, NwkSKey and AppSKey are created. With these two keys, the message will be encrypted within the Lora network. The device transmits an AppKey as a connection request and then the server compares the preconfigured AppKey with transmitted Appkey. If its match the server create the key for encryption of communication. The device stores these keys and uses it for the communication.

Advantages:

- The server creates encrypted keys only when activated, so it is safer.
- If the network changes, a re-connection will be established automatically, without having to re-configured it.

Disadvantages:

- DevEUI, AppEUI, AppKey must be defined in advance
- The device must be able to request and store an encryption key

Different communication rate adjustments are available within the connection modes. From DR0 to DR7 level. Measuring node (Lora Mote) can only be adjusted to DR5.

2.table : Lora communication rate

DR	Bit rate	message length max.	Transmission Density
DR0	292 bps	59 byte	fill max. 1%,
DR1	537 bps	59 byte	fill max. 1%,
DR2	976 bps	59 byte	fill max. 1%,
DR3	1757 bps	123 byte	fill max. 1%,
DR4	3125 bps	230 byte	fill max. 1%,
DR5	5468 bps	230 byte	fill max. 1%,
DR6	10937 bps	230 byte	fill max. 1%,
DR7	50000 bps	230 byte	fill max. 1%,

It is possible to temporarily switch between class A and class C in battery mode. Our measuring device is also capable of switch between these two communication modes.



1. figure Lora Mote device

For the test we used Lora Mote, which is certified in 2015. The LORA Mote works with a RN2483 radio module and it can communicate with the computer via an USB port. The development KIT consists a built in power supply, which is suitable for class-a, class-c communication. The device has a light and heat sensor, and it could transmit data packets (messages) to the server on a schedule way or at event of touching a button.

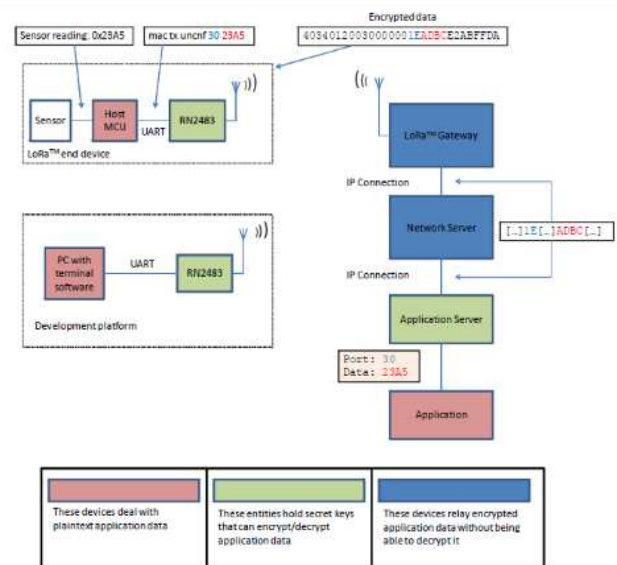
We used PDTIOT-ISS00 - IoT station as a network server. This server is capable to create a stand-alone, self-supporting LoraWan network. It has an outdoor design with 15 km operating range. It is working with Linux operating system, which means easy to integrate into our existing systems. It can be configured by a web-based graphics interface where we can set up many parameters. The server has a 49 channels demodulator.



2. figure: Lora IoT station device

2.3 Operation of Lora Technology

„A simple use case is described in Figure 3 where an end device, containing a host MCU which reads a sensor, commands the RN2483 to transmit the sensor reading over the LoRa network. Data are encrypted by the RN2483 and the radio packet is received by one or multiple gateways which forward it to the network server. The network server sends the data to the application server which has the key to decrypt the application data. Similarly, a development platform may consist of an RN2483 directly connected over UART to a PC which becomes the host system in this case. Users can then type commands into the module using a terminal program.”[1]



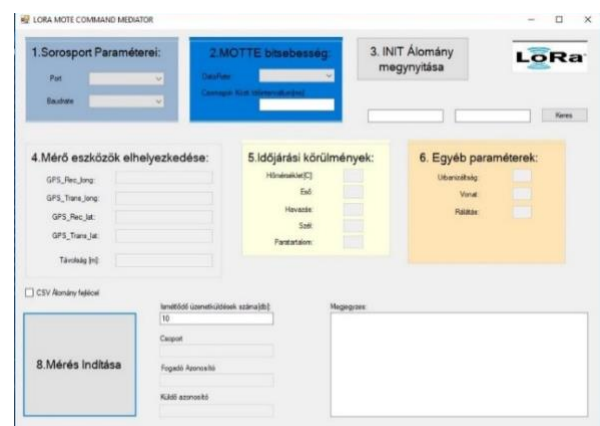
3. figure: Lora technology network diagram

"The LoRaWAN network protocol does not guarantee that all messages will be reaches the network server, but it will guarantee that, the most important messages (priority messages) will be must arrive at the server. " [2]

That's why the Lora network is suit for many IoT devices to communicate with the central server. For example, smart homes, smart city applications and smart devices. In our case the Lora network can be the perfect answer for the additional communication method for train control system. It is not a fail-safe subsystem, so it won't use to control trains, such as GSM-R. For the only task, which we will use for it, is to get the information of devices state from the Intelligent Railway System.

Currently the evolution of the LORA technology is unstoppable. There are many developed interface program found in the market, but we haven't found the appropriate one - which is suit for us, so we decided to develop a custom one for the measurements in the laboratory.

3 LORA MOTE COMMAND MEDIATOR: VERSION: 2.10 LORA COMMUNICATION MEASUREMENT SERIES IN LABORATORY CONDITIONS



4. figure: Lora mote command mediator gui

Lora Technology is not yet fully defined and it has many problems, such as software support. That is why we decided to write our own software, which records the measurements parameters. The basic purpose of the software is to save the

measurement environment, the measurement location, time and data, in a common file type on the client side.

The program was written in Visual Studio 2017 using C#, under Windows 10. Finally, it converted to the - easy to use - runnable format (exe).

On the server (IoT station) side (web interface) we have the possibility to download measured data in CSV extension. The CSV file contains the received messages and their exact time.

We first created a basic initialization (ini) file for recording the measurement environment.

E.g. precise location, weather conditions, train type (electric or diesel), etc.

The exact naming and filling of our base file (ini) is very important. The ini file name will be the base of the output csv file name and the contents of the ini file (metering environment) will be recorded to the csv file with the measured data.

Currently, the software is under development yet. This version is itself generating the CSV file together with the measured data. There is no need for any terminal program for programming the mote.

3.1 Using the software in a laboratory measurements step by step

The first step is: connect the Lora mote to the computer using a serial port (USB).

After that, the ini file must be named and filled in with the data of the measurement environment.

Then start `LoRa_Usart_Command_Mediator_V2.exe`.

It automatically detects active communication ports. Select the appropriate COM port from the group of serial communication boxes.

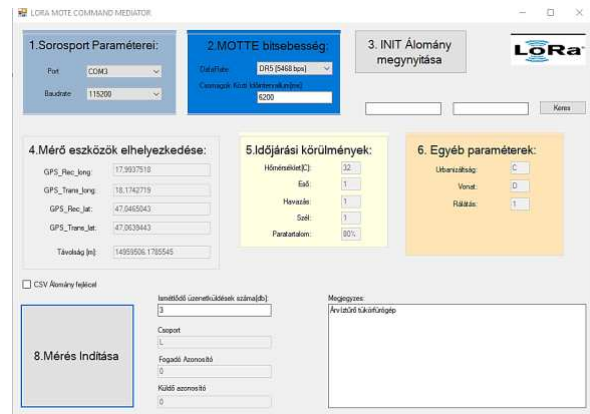
Second step: we can set the rate of communication which is mentioned above. The default rate is dr5. According to the description of Mote, our node is not able to communicate at a higher rate. (e.g. dr6, dr7) Source: RN2483 Lora Technology Module User's Guide.

When we set the communication rate, the delay time the dialogue box has automatically appeared. This is important if you want to send more than one message because you cannot reach the 1% fill of the band.

To calculate the delay time, the `sx1272 lora calculator` software was used [4], which can be downloaded free of charge from the Internet. Unfortunately, we did not get reliable data from this software, so we implemented the calculation method of the correct delay time in our software.

Third step: load the ini extension file into the group of number 3.

The following figure shows the ini file already loaded.



5. figure: ini file already loaded

Next step: depending on the devices you can enter the ID of the sending device or the receiving device. Then in this parameter box, you can set the type of measurement (L = Lora) and the number of messages. If the number of messages value is high then we are able to perform the overload test. That's why this is a very important parameter for us.

The content of the message automatically completed and they have the largest possible size. In our present case, the size of the message is 8 byte which includes 16 number in hexadecimal format. This message contains the exact sending time.

After that, click to „start” button to start the measurement.

Our program establishes an OTAA connection with the server and it begins to send "unconfirmation messages" continuously. This type of message (uncnf) seemed to be the most reliable way to make measurements.

As long as the server gets the "uncnf" message it doesn't send a confirmation. If we use a normal (cnf) message, the mote will be waiting until it receives the confirmation. While the Mote waits for the confirmation message from the server, it is not capable to send another message.

The program running list:

- Starts the measurement
- Restores factory default settings
- sets the important default settings for us
- Links to server with OTAA (class-c) type of connectivity
- the Mote ID key is verified by the pre-registered keys in the gateway (Dev EUI, App EUI, App Key)
- The gateway sends a feedback to the Mote for allowing communication between the two devices and sending the encryption key that the two devices will use during communication
- Starts to send uncnf messages with the predefined data rate and delay
- After the Mote sends all the messages, an "ok" reply is received from it

If the program has run successfully, it will create a measurement client-side database in the csv extension. As we see on the figure 6 in the red ring section.

6. figure: detail from client-side csv file

The server-side database can be downloaded from the IoT station's web interface in csv extension. As we can see the received messages in the red ring on the figure 7.

7. figure: detail of the IoT station's web interface

8. figure: detail of the csv file which downloaded from the IoT station's web interface.

The received messages can be seen in the red frame on the figure 8. The timestamp of receiving data is in the blue frame. The yellow frame (in the received message) shows the transmit timestamp.

The following table summarises the quality of the transmit-receive process.

3.table: Summary table

		ABP			OTAA		
		Mote <--> Server	Mote --> Server	Mote <--> Server	Mote <--> Server	Mote --> Server	Mote <--> Server
class A	uncnf	x	ok	ok	x	ok	ok
	cnf	x	ok	ok	x	ok	ok!
class C	uncnf	x	ok	ok	x	ok	ok!
	cnf	x	ok	x	x	ok!	x

In the cases, where the messages were not sent x signs the problem. The cause of problem was that the Mote communication window was not opened. If the server tried to send a message to the Mote, it arrives when the mote starts to send a message simultaneously. We need further testing activity about those cases when the transmission process was successful but the mote does not get a confirmation ("ok!" sign) message from the server. In order to eliminate the transmission process problems, we have to use "uncnf" type of messages on the field. The laboratory measurements were proved it, as it can be seen on table 3.

REFERENCES

- [1] RN2483 Lora Technology Module Command Reference User's Guide.pdf
- [2] <https://www.elektro-net.hu/konstruktor/7735-epitsunk-egyutt-nyilt-lorawan-halozatot> (05/12/2018)
- [3] <https://loro-alliance.org/about-lorawan> (23/11/2018)
- [4] <http://sx1272-lora-calculator.software.informer.com/download/> (24/11/2018)
- [5] <https://www.newieventures.com.au/blogtext/2018/2/26/lorawan-otaa-or-abp> (06/12/2018)
- [6] Jozsef, Papp: Embedded Control System with Shared Logic for railroad transport, In: Innorail Special Edition for Innorails 2016; 09/2016; pp 40-41.
- [7] Jozsef, Papp, Daniel Tokody, Dr. Gyorgy Schuster: The challenges of the intelligent railway network implementation: Initial thoughts from Hungary; MECHEDU 2015. Szabadka, Szerbia, 2015.05.14-2015.05.15. Szabadka: Subotica Technical College of Applied Sciences, 2015. pp. 179-185. ISBN:978-86-918815-0-4

General characteristics of Android browsers with focus on security and privacy features

Petar Čisar*, Sanja Maravic Cisar**, Igor Fürstner***

Academy of Criminalistic and Police Studies, Belgrade, Serbia,

**Subotica Tech, Subotica, Serbia,

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

Abstract —Satisfactory level of security in the use of the Internet in mobile devices depends on several factors. One of them is safe browsing. A key factor in providing secure browsing is the application of a browser with the appropriate methods applied: clearing cookies, cache and history, ability of incognito browsing, using of whitelists and encryptions and others. This paper presents an overview of the various security and privacy features used in the most frequently used Android browsers. Also, in the case of several browsers and types of mobile devices, the use of benchmark tests is shown. Bearing in mind the differences, when choosing a browser, special attention should be paid to the applied security and privacy features.

Keywords: Android browser, security, adblock, tracking, encryption, benchmark test

1 INTRODUCTION

The increased use of mobile devices to store large amounts of data also carries a risk of loss or theft, which can compromise the security of information. In order to minimize the risks of such abuses, mobile and wireless users need to be aware of security issues relating to the technology [1]. One of the factors that significantly affects the level of security in the use of mobile devices is browser [2]-[4]. Safe browsing concept protects users against Internet security threats by allowing applications to check URLs against lists of unsafe web resources, such as social engineering sites (phishing and deceptive sites), and sites that host PHAs (Potentially Harmful Applications) or unwanted software. When users attempt to visit an unsafe web resource, their safe browsing-supported browser displays a warning. There are a large number of browsers on the market with very different security features. Before installing one of them, it is useful to first know their capabilities and compare them with each other [5]-[8].

Android browsers use different security features (general overview):

- Using website whitelists - list of items (e-mail addresses or domain names) from which a blocking program (spam filter) will allow messages to be received. When a whitelist is used, all entities are denied access, except those included in the whitelist.
- Possibility of clearing cookies, cache, and granular history (no passwords, no cookies, no trackers).
- Blocking or allowing trackers.
- Adblocker - user can block pop-ups, advertisements, banners & ad-videos.

- Incognito browsing mode - offers real private browsing experience without leaving any historical data.
- Using of HTTPS protocol - enforces SSL (Secure Socket Layer) security protocol (using of certificates) wherever that's possible.
- Disabling features like JavaScript, DOM (Document Object Model) storage
- Using fingerprinting techniques

Further sections of this paper provide an overview of the applied security and privacy methods for more popular Android browsers. Also, in order to compare the adequate features of browsers, the use of benchmark tests on different mobile devices will be shown.

2 SECURITY AND PRIVACY FEATURES OF DIFFERENT ANDROID BROWSERS

This chapter provides an overview of most important security features of a large number of popular Android browsers.

Ghostery [9]

- Provides an instant overview of the trackers on each visited site, then block or allow them.
- Manage website whitelists.
- Largest tracker database - with over 2200 trackers and 4500 scripts.
- Additional privacy options with quick and easy access to clear cookies, cache, and granular history.

Dolphin Zero [10]

- *Adblock* is one of the best adblock-browser.
- Incognito browsing.
- Clean UI (user interface) and fast navigation - user can add most visited websites as speed dial icons with a friendly UI and one-touch access.

That includes theming (theming consists of changing the user interface without changing the application logic), flash support, ad-block, incognito mode, and some tertiary features like gesture controls. There is also optional add-on and extension support.

Firefox Focus [11]

- Blocks a wide range of common Web trackers without any settings to set.
- Erases user's history.
- By removing trackers and ads, Web pages may require fewer data and load faster.

This is a security-focused browser application. Basically, every session is in privacy mode. Some features include a one-tap history deletion process, a fairly decent ad-block, and it blocks most types of web trackers.

Firefox [12]

Private browsing mode with added tracking protection - stops ads that track and follow user around the Internet. Browsing history will not be remembered or cookies saved after the action.

Frost Incognito Browser [13]

- Tabbed browsing - Fast, full featured tabbed browser with HTML 5 video support, popup blocker, and user agent switching.
- Ad blocking - Built in ad blocker speeds up page loading and reduces data usage.
- Privacy protection - Automatically clears all browsing history when closing the application.
- Image & bookmark vault - Download images from the web and save bookmarks into a hidden, password protected vault.
- Import & export images - Import or export pictures between device storage and image vault.
- Complete stealth - Frost looks and functions like any other normal browser, until user enter his password into the address bar, which reveals image and bookmark vaults.
- Vault protection - The contents of vaults is hidden from other applications (for instance, gallery or camera) and not viewable when connected to a computer.

Privacy Browser [14]

This browser protects the privacy by disabling features like JavaScript, DOM (Document Object Model) storage, and cookies that are used by websites to track users. Settings can be adjusted by domain and on-the-fly to enable these features when needed. In addition, the browser incorporates the EasyList block lists, which block many tracking technologies even when JavaScript is enabled.

Security and privacy features:

- TOR (The Onion Router) Orbot proxy support
- SSL certificate pinning
- Full screen browsing mode
- Night mode

Krypton [15]

- Privacy - History, cookies and site data are never stored on disk, and never transmitted.
- Security - Each tab is isolated in a separate OS process. Every tab is treated as a distinct instance, with its own memory storage and state.
- Anonymity - Enable TOR with a single tap to hide the IP, avoid surveillance, and circumvent censorship. Includes HTTPS Everywhere (enforces SSL security wherever that's possible), and mitigates common fingerprinting techniques.

Javelin [16]

- Ad block - web browsing with no ads.
- Always incognito - The web history is never saved, and cookies are always deleted. No one needs to know someone's surfing habits.

- Password protected - Prevent any snooping on recent browsing activity, even if it is still active in recently opened applications. Only the user can open the browser.

CM Secure [17]

- Fraud prevention - Warns when browsing potentially fraudulent or malicious websites.
- Malicious download protection - Scans apk file downloads for malware, keeping the device secure.
- User agent - Supports user agent switching to access desktop sites.

Chrome [18]

- Privacy – use incognito mode to browse without saving the history.
- Do Not Track feature - Chrome will automatically send a Do Not Track request with the browsing traffic.
- Safe browsing technology - showing a warning on screen if user tries and navigates to a page which it deems to be unsafe.
- Autofill and payments - Given it pre-populates addresses and credit card details on applications and websites, someone with access to user's phone could not only steal his identity but also rack up a significant amount of spending before he realize something is wrong.
- Setting of site permissions
- Managing user's syncing options
- Disabling sending of (security) reports to Google
- Disabling prediction services (suggestion of search terms and websites)

InBrowser [19]

- No data is saved.
- TOR support via Orbot.
- Supports agent cloaking (no more mobile version of sites).
- Deep integration with LastPass.

Asus Browser [20]

- Lightning speeds - ASUS Browser runs on leading Chrome-based engine to load web pages rapidly.
- Adapts to a region - The Navigation panel displays the popular websites according to user's location.
- Secure Browsing - Built-in security features protect from malware and phishing sites.
- Do-It-Later - Mark pages as a task to be read later when convenient.
- Import bookmarks - Import saved pages in Google Chrome to user's browser.

Puffin [21]

- Puffin speeds up mobile browsing by shifting the workload from the resource-limited devices to the cloud servers.
- It's safe to use public non-secure WiFi through Puffin, but not safe at all for most browsers.
- Puffin uses a proprietary compression algorithm to transmit web data to device, and it can save up to 90% of bandwidth on regular web browsing.

Brave [22]

- Built-in adblock

- Blocks pop-ups
- Battery optimization
- Data optimization
- Tracking protection
- HTTPS Everywhere (for security)

There is an ad blocker built-in. Additionally, it can block third party cookies, block scripts, and it has HTTPS everywhere. Included is per-site settings just in case user need that. It also boasts optimizations for speed and battery life improvements. It also has most of the basic features like bookmarks, history, and a privacy (incognito) mode.

IceCat Mobile [23]

Privacy protection features:

- LibreJS: GNU LibreJS aims to address the JavaScript problem
- HTTPS-Everywhere: Extension that encrypts the communications with many major websites, making browsing more secure.
- SpyBlock: Blocks privacy trackers while in normal browsing mode, and all third-party requests when in private browsing mode. Based on Adblock Plus.
- Fingerprinting countermeasures: Fingerprinting is a series of techniques allowing to uniquely identify a browser based on specific characteristics of that particular instance (like what fonts are available in that machine). Unlike cookies the user cannot opt-out of being tracked this way, so the browser has to avoid giving away that kind of hints.

Orbot [24]

TOR (free software for enabling anonymous communication) is available for Android by installing the package named Orbot.

Orbot is an application that allows mobile phone users to access the web, instant messaging and email without being monitored or blocked by their mobile internet service provider. Orbot brings the features and functionality of Tor to the Android mobile operating system.

Orbot contains Tor and *libevent* (asynchronous event notification software library). Orbot provides a local HTTP proxy and the standard SOCKS4A/SOCKS5 proxy interfaces into the Tor network. Orbot has the ability to transparently torify all of the TCP traffic on user's Android device when it has the correct permissions and system libraries.

Orbot is a free proxy app that empowers other apps to use the internet more securely. Orbot uses Tor to encrypt Internet traffic and then hides it by bouncing through a series of computers around the world. Tor is free software and an open network that helps defending against a form of network surveillance that threatens personal freedom and privacy, confidential business activities and relationships, and state security known as traffic analysis.

Opera Mini [25]

- Keeps advertisements away - can be very frustrating at times. They slow down web pages, redirect users to other pages and if there is a video involved, they waste mobile data without the user's knowledge. Opera Mini is the only mobile browser which has a built-in ad blocker. It is very effective and can block all banner

or video ads on any webpage from showing on the browser.

- Allows video download - video downloading allows users to download videos uploaded on social media networks such as Facebook, Twitter or other web pages in MP4 file formats.
- Reduces stress on eyes - Several studies have pointed out that the blue light from smart phones not only affects eyes, but also disrupts sleep and can lead to obesity, cardiovascular diseases and metabolic disruption. Opera Mini has this unique night mode which blocks the blue light by switching on a more soothing pink colored screen instead of the sharp looking white.
- Stream videos faster - Video boost is another video-related tool in opera Mini, which reduces buffering time for videos by reducing the size of the video data. This feature allows users to stream video on any online streaming site such as Netflix or YouTube with zero lags.
- Data saver mode - the technology to compress and convert a web page and its contents into format which uses less bandwidth and open a lot faster. The extreme data saver mode is an improved version of it, which can save up to 90% of mobile data.

Epic [26]

Based on Chromium, this browser implements a large number of features to maximize privacy. Cookies and trackers are eliminated after each session, all searches are proxied through the firm's own servers (which means there is no way to connect an IP address to a search), and it attempts to prioritize SSL connections wherever possible - useful for open Wi-Fi connections. It does not collect data about its users and comes with excellent built-in ad blocking.

For a fully encrypted connection, it includes a one-button proxying feature that does slow down browsing but will appeal to some users.

3 ANDROID BROWSERS BENCHMARK TESTS

In order to compare the browsers' characteristics, appropriate benchmark tests are used. There are numerous different tests, which differ in their capabilities. For instance: Sunspider-1.0.2, Dromaeo (Javascript performance testing), Qualys Browsercheck, Basemark's browser benchmark - Web 3.0, Mozilla Kraken Javascript Benchmark v 1.1 and AnTuTu Benchmark v7. The results of Mozilla Kraken Javascript Benchmark are shown in Fig. 1.

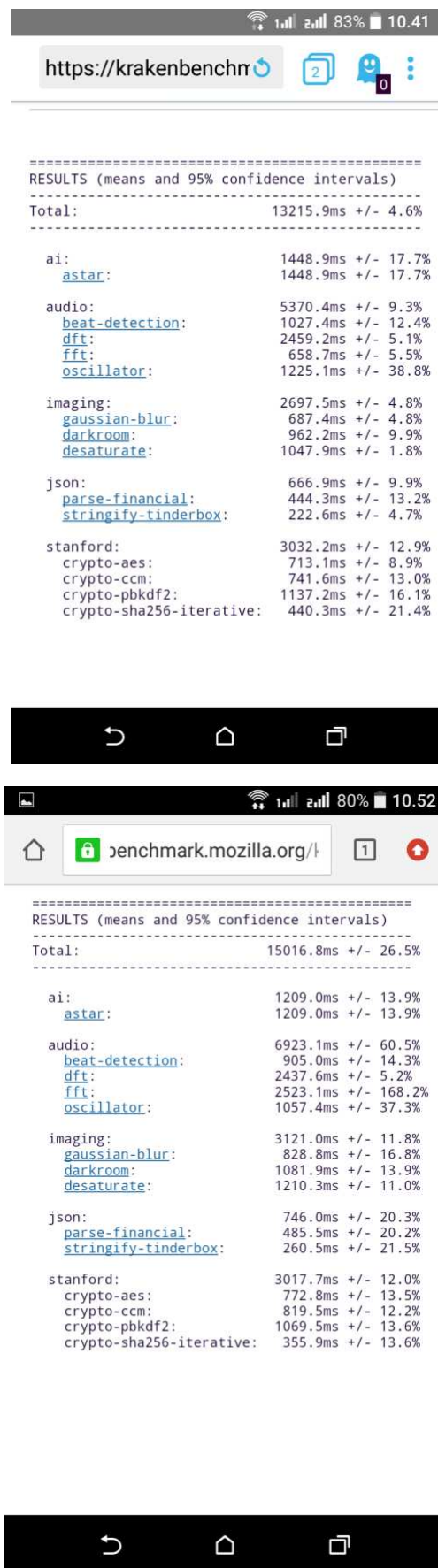


Fig. 1. Mozilla Kraken Javascript Benchmark (used mobile device HTC Desire 630) [27]

Test results - total for the following browsers (mobile device HTC Desire 630): Ghostery - 13215.9 ms, Firefox Focus - 12553.6 ms and Chrome - 15016.8 ms.

Test result - total for the Chrome browser (mobile device Samsung Galaxy J5 2016): 15842.4 ms.

For instance, AnTuTu Benchmark v7 [28], HTML5 Test (web browser performance (speed and compatibility) include JavaScript, Layout, CSS, SVG, Canvas test, Game test) is shown in Fig.2.

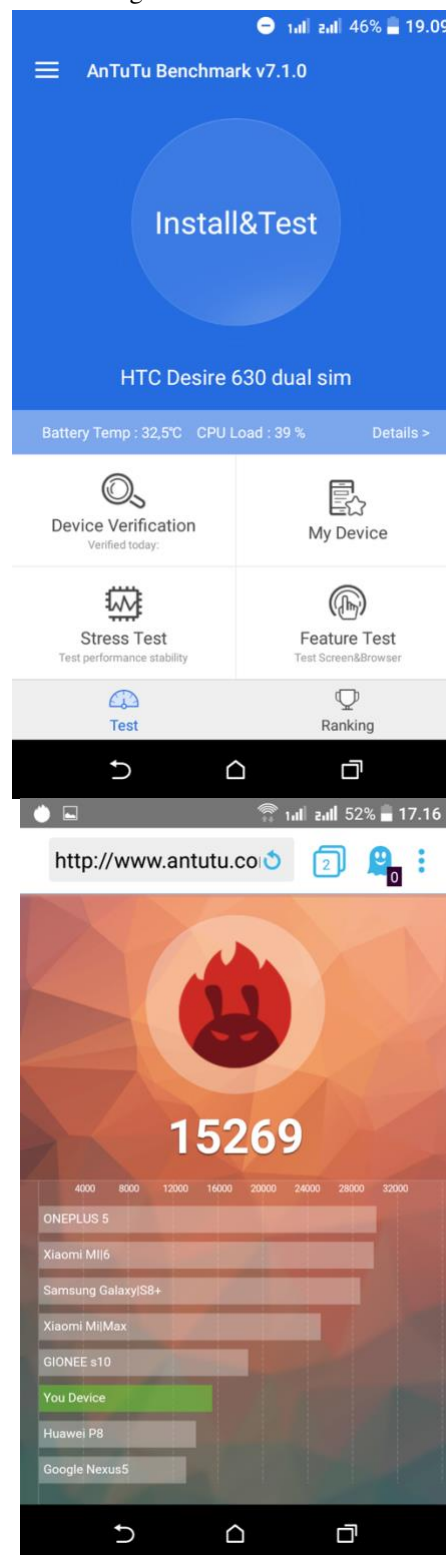


Fig. 2. HTML5 test (AnTuTu, used mobile device HTC Desire 630)

Test results (overall benchmark scores) for the following browsers (mobile device HTC Desire 630): Ghostery - 15269, Firefox Focus - 15800 and Chrome - 16605.

Test results for the following browsers (mobile device Samsung Galaxy J5 2016): Opera - 14695, Firefox - 3016 and Chrome - 12704.

Some other comparison of Android browsers (Firefox Quantum, Samsung Internet, Brave Browser, Microsoft Edge and Google Quantum) is given in Fig. 3:

- **Browser Engine** - The foundation of the browser which determines basic functionality and overall speed. Firefox is the only one in the list that uses a different engine, which makes it the only browser that's fundamentally unique. Both Blink and Gecko have similar performance and functionality.
- **Basemark Score** - A numerical comparison of each browser's performance (benchmarking). Basemark's browser benchmark was run on three different devices and averaged the scores.

Best Android Internet Browsers					
GADGET HACKS	Firefox Quantum	Samsung Internet	Brave Browser	Microsoft Edge	Google Chrome
Browser Engine	Gecko	Blink	Blink	Blink	Blink
Basemark Score	162.86	142.40	215.36	199.08	204.03
Features					
Sync Across Devices	Yes	Yes	No	Yes	Yes
Tab Swiping	No	Yes	Yes	Yes	Yes
Touch to Search	No	Yes	No	No	Yes
Beta Version Available	Yes	Yes	No	Yes	Yes
Data Saving Mode	No	No	No	No	Yes
Themes	Yes	No	No	No	No
Dark Mode	No	Yes	No	Yes	No
Reading Mode	Yes	No	No	Yes	No
Progressive Web Apps	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Security					
Private Browsing	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Ad Blocker	Yes	Yes	Yes	Yes (Beta)	No
Tracking Protection	Yes	Yes	Yes	No	No
Extensions	Yes	Yes	No	No	No
Password Manager	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes

Fig. 3. Comparison of Android browsers [29]

4 GENERAL FEATURES

Modern mobile browsers have many practical features that enable comfortable operation:

- **Sync across devices** - The ability to share data such as history, bookmarks, and saved logins across multiple devices, including desktops, tablets, and other smartphones. Syncing requires logging into the same browser on other device(s).
- **Tab swiping** - The ability to swipe horizontally on the address bar to navigate between open tabs.
- **Touch to search** - Selecting text will bring up the search engine along the bottom of display, allowing user to search without ever having to leave the current webpage.
- **Data saving mode** - Manual control over the reduction of data usage. When enabled, websites are compressed before downloaded by users.
- **Themes** - The ability to customize the look and design of the browser.
- **Dark mode** - When turned on, all major elements of the browser will become black or dark grey. Ideal for AMOLED (Active Matrix Organic Light Emitting Diodes) displays and night browsing.
- **Reading mode** - This feature adjusts the website for an improved reading experience on mobile. Text better matches the display size and ads are removed.
- **Progressive Web applications** - Websites with the ability to operate as a mobile application. These apps have access to many sensors built into most smartphones, use similar styling, and designed for touch screens. Besides the websites including support, the browser must also support this feature, allowing the user to add the site to home screen for independent operation.

5 SECURITY FEATURES

In order to ensure a higher level of security in the use of network connections, different features are used. For instance:

- **Private browsing** - The ability to browse the web secretly, without data saving and syncing across devices. Browsing history and logins are not recorded while using this mode.
- **Ad blocker** - The ability to blocks ads in web pages, either natively or with an extension.
- **Tracking protection** - Trackers are used by corporations to gather information (such as device info, time, and type of browser) about the user when visiting their website. This feature blocks these trackers, which use cookies to record this information.
- **Extensions** - The ability to add extra features to the browser by installing miniature programs which enhance browsing experiences.
- **Password manager** - The ability to store password information to autofill frequently visited websites.

CONCLUSIONS

General security in the use of the Internet in mobile devices mostly depends on the use of adequate browsers. Therefore, when choosing a browser, special attention should be paid to the applied security features. Some of them are of particular importance: private browsing, ad blocker, blocking trackers, using of HTTPS protocol and so on. When choosing, it is recommended to check a specific browser with some benchmarking program, as in this way user get a complete picture of its features.

REFERENCES

- [1] Urbas, G., & Krone, T. (2006). Mobile and wireless technologies: security and risk factors, Trends & Issues in Crime and Criminal Justice, No. 329, Australian Institute of Criminology. Available from: https://www.researchgate.net/publication/256088649_Mobile_and_wireless_technologies_security_and_risk_factors [accessed May 18 2019].
- [2] Androulidakis, I. (2016). Mobile Phone Security and Forensics: A Practical Approach, Springer. Doi: 10.1007/978-3-319-29742-2
- [3] Doherty, J. (2015). Wireless and Mobile Device Security, Jones & Bartlett Learning, 1 edition
- [4] Bergman, N., Stanfield, M., Rouse, J., & Scramblay, J. (2013). Hacking Exposed Mobile: Security Secrets & Solutions, 1st Edition, McGraw-Hill Education.
- [5] Amrutkar, C., Singh, K., Verma, A., & Traynor, P. (2012). VulnerableMe: Measuring Systemic Weaknesses in Mobile Browser Security, International Conference on Information Systems Security ICISS 2012, pp. 16-34
- [6] Amrutkar, C., van Oorschot, P.C., & Traynor, P. (2011). An Empirical Evaluation of Security Indicators in Mobile Web Browsers. Georgia Tech Technical Report GT-CS-11-10
- [7] Terada, T. (2014). Attacking Android browsers via intent scheme URLs, Whitepaper, Mitsui Bussan Secure Directions, Inc. Available from: <https://www.mbsd.jp/Whitepaper/IntentScheme.pdf> [accessed May 18 2019].
- [8] Virvilis, N., Mylonas, A., Tsalis, N., & Gritzalis, D. (2015). Security Busters: Web Browser security vs. rogue sites, Computers & Security, No. 52, Available from: <https://www.infosec.aueb.gr/Publications/C&S-Insecure-Browsing.pdf> [accessed May 18 2019].
- [9] <https://www.ghostery.com>
- [10] <https://dolphin.com>
- [11] <https://blog.mozilla.org/blog/2016/11/17/introducing-firefox-focus-a-free-fast-and-easy-to-use-private-browser-for-ios/>
- [12] <https://www.mozilla.org/sr/firefox/mobile/>
- [13] <https://www.crowbarsolutions.com/projects/frost-browser-for-android/>
- [14] <https://www.stoutner.com/privacy-browser/>
- [15] <https://en.apksum.com/developer?dev=Kr36 LLC>
- [16] <https://javelinbrowser.com>
- [17] <https://www.cmcm.com/>
- [18] <https://www.google.com/chrome>
- [19] <https://www.inbrowserapp.com/>
- [20] <https://www.apkmirror.com/apk/zenui-asus-computer-inc/asus-browser/>
- [21] <https://www.puffin.com/android/>
- [22] <https://brave.com>
- [23] <https://www.gnu.org/software/gnuzilla/>
- [24] <https://2019.www.torproject.org/docs/android.html.en>
- [25] <https://www.opera.com>
- [26] <https://www.epicbrowser.com/>
- [27] <https://krakenbenchmark.mozilla.org/>
- [28] <https://www.antutu.com/en/>
- [29] Gadget Hacks, <https://android.gadgetsacks.com/how-to/comparing-5-best-internet-browsers-for-android-0181493/>

Elektromos autók újdonságai 2019

What's New in Electric Cars 2019

Mester Gyula

Óbudai Egyetem, Biztonságtudományi Doktori Iskola, Budapest, Magyarország
drmestergyula@gmail.com

Összefoglalás — A közlemény elektromos autók korszerű témakörével foglalkozik. Az elektromos autók világméretű elterjedését különféle tényezők a hatótáv nagysága, az akkumulátor-technológiák fejlettsége, a járműtöltési infrastruktúra és a bevezetett állami kedvezmények határozzák meg. Áttekintjük az elektromos autók újdonságait. Külön kitérünk az Opel Corsa e, Lightyear One, Jaguar I-Pace, Nissan Leaf e+, Audi e-Tron, Opel GT X Experimental és Bosch e.GO Life 60 elektromos autók bemutatására.

Kulcsszavak: elektromos autók, hatótáv, akkumulátor-technológiák fejlettsége, járműtöltési infrastruktúra.

Abstract — This article deals with the modern topic of electric cars. The global penetration of electric cars is determined by various factors, such as driving range, battery technology, vehicle charging infrastructure and state incentives. We review what's new in electric cars. Special mention will be made of the Opel Corsa e, Lightyear One, Jaguar I-Pace, Audi e-Tron, Nissan Leaf e+, Opel GT X Experimental and Bosch e.GO Life 60 electric cars.

Keywords: electric cars, driving range, advances in battery technology, vehicle charging infrastructure.

BEVEZETÉS

Autonóm önvezető robot autók a közlekedés biztonsága és az okosvárosok tervezése szempontjából időszerűek.

Az autonóm önvezető robot [1-10] autó előnyei közé tartozik, hogy az emberi tevékenység kiküszöbölésével elkerülhetők az emberi hibák, így jelentősen csökkenthető a közúti balesetek száma.

Autonóm önvezető robot autó a városi és közúti forgalomban emberi beavatkozás nélkül képes közlekedni, érzékeli és értékeli a környezetet, digitális technológiák segítségével ütközésmentesen irányítja, navigálja önmagát [11-20].

Meghajtásuk elektromos, így a benzin és dízel motoros autók gyors értékcsökkenésével kell szembenéznünk.

A hatótávot (Driving Range) számos tényező befolyásolja: haladási sebesség, légkondicionáló berendezés használata, külső hőmérséklet.

Az elektromos autók elterjedésével az egyéni tulajdon szerepe háttérbe szorul és a közösségi autók, az autó megosztás (Car Sharing) használata mindinkább teret hódít, a közlekedés szolgáltatás jellegű lesz:

Transport-as-a-Service.

Áttekintjük az elektromos autók újdonságait.

Külön kitérünk az Opel Corsa e, Lightyear One, Jaguar I-Pace, Nissan Leaf e+, Audi e-Tron, Opel GT X Experimental és Bosch e.GO Life 60 elektromos autók bemutatására.

ELEKTROMOS AUTÓK

Az elektromos autó (Electric Car) egy vagy több elektromos motor által hajtott közlekedési eszköz. Az elektromos autók [21-24] világméretű elterjedését különféle tényezők:

- a hatótáv nagysága,
- az akkumulátor-technológiák fejlettsége,
- a járműtöltési infrastruktúra és a
- bevezetett állami kedvezmények határozzák meg.

Elektromos autó vásárlásánál adócsökkentésre és állami támogatásra számíthatunk. Az elektromos hajtás [25-30] előnyei:

- nincs helyi környezetszennyezés, alacsony üzemanyag költség, ingyenes töltési lehetőségek,
- az elektromos autót otthon is lehet tölteni,
- zöld rendszámmal ellátott elektromos autók ingyen parkolhatnak,
- fékezéskor az autó mozgási energiája az elektromotort generátorként hajtva elektromos árammá alakul,
- nincs zajszennyezés, jelentősen csökkentett a rezgőhatás,
- nincs olajcsere, olcsóbb karbantartás, jelentősen kisebb szerviz költségek,
- egyszerűbb hajtáslánc, jobb gyorsulást biztosít, jobb az autó dinamikája.

Az elektromos autók padlójába épített akkumulátor miatt a tömegközéppont alacsony, így javul a menetstabilitás [31-33].

Kötelező a hanggenerátor beépítése az elektromos autókba.

Az Európai Unió döntése szerint, 2019 július 1-től, az újonnan értékesített elektromos autónak figyelmeztető zajt kell kibocsátania alacsony sebesség mellett. Tehát 20 km/h sebességig működő, kikapcsolható hang-generátorral kell felszerelni az elektromos autókat.

Az utakon lévő elektromos autókat 2021-ig kell utólag felszerelni hanggenerátorral.

Megjegyzés: tolatáskor már az első generációs Nissan Leaf is csipogással figyelmeztette a gyalogosokat, de ezt a hangjelzést a vezető kikapcsolhatja.

Norvégiában az elektromos autók mentesülnek a 25 százalékos forgalmi adó alól, a töltőállomásokon pedig ingyenes az akkufeltöltés, 2025-ben betiltják az új gyártású benzin- és dízelüzemű autók árusítását.

Az elektromos autók előfutárának tekinthető plug-in, azaz hálózatról tölthető benzin-elektromos hibrid [34-37] járművek is egyre jobban terjednek.

Az elektromos autók elterjedése nem képzelhető el sűrű töltőhálózat nélkül, mely területen óriásberuházások indultak Európa-szerte. Az elektromos autókhoz Európában százezer töltőhely van (1300 gyorsöltő). Az elektromos áram különböző módon előállítható. Szél és vízierőmű esetében a környezetszennyezés a legkisebb.

A hatótávot (Driving Range) számos tényező befolyásolja: haladási sebesség, légkondicionáló berendezés használata, külső hőmérséklet, így télen a hatótáv akár a felére is csökkenhet.

Az autóipar kutatás és fejlesztés szempontjából, az elektromos önműködő autók megjelenésével, napjainkban robbanásszerű változásokon megy keresztül. Az önműködés nem fejlődés, hanem maga a forradalom. Egyaránt alkalmazható személyszállítás és teherszállítás esetében is.

Autonóm önműködő elektromos autók kutatása és fejlesztése, a robotkutatási és fejlesztési eredmények felhasználásával és alkalmazásával, a 90-es években Japánban kezdődött.

Az autonóm, önműködő elektromos autó kutatásán, fejlesztésén, egymástól függetlenül több cég, így a Google Waymo, Tesla Motors, Nissan, Toyota, Volkswagen/ Audi, Mercedes-Benz, Citroën, Renault, Porsche és a Bosch is dolgozik.

2012-ben négy cég, a Tesla, Renault-Nissan-Mitsubishi, Volvo és a PSA/Peugeot-Citroen, 11 elektromos autó modellje volt jelen Európában. 2013-ban csatlakozott a Volkswagen, BMW, Ford és Daimler, összesen 16 modell. 2018-ban a Toyota, Hyundai-Kia, Jaguar Land Rover csatlakozásával 60 elektromos autó modell érhető el Európában. A továbbiakban bemutatunk hat, 2019-es modellévű elektromos autót [38].

Opel Corsa-e

Az 1. ábrán bemutatjuk az Opel Corsa-e elektromos autót [39] IntelliLux LED® elnevezésű mátrix fényszóróval. Fontosabb adatai: hatótáv 330 km (WLTP), teljesítménye 100 kW, akkumulátora 50 kWh, gyorsulása 0 – 100 km/h: 8.1 s.



1. ábra: Opel Corsa-e elektromos autó, 2019-es modell.

Lightyear One

A 2. ábrán bemutatjuk a négykerék meghajtású, négy villanymotoros Lightyear One elektromos autót [40]. Fontosabb adatai:

hatótáv 725 km (WLTP), akkumulátora 60 kWh, gyorsulása 0-100 km/h: 10 s.



2. ábra Lightyear One elektromos autó, 2019-es modell.

Jaguar I-Pace

A következő ábrán (3. ábra) bemutatjuk a Jaguar I-Pace elektromos autót [41].

Fontosabb adatai: hatótáv 470 km (WLTP), gyorsulása 0-100 km/h: 4,8 s.



3. ábra Jaguar I-Pace elektromos autó, 2019-es év autója.

Nissan Leaf e+

A Nissan Leaf elektromos autó 2010 decemberében jelent meg [42].

A 4. ábrán bemutatjuk a Nissan Leaf e+ elektromos autót, 2019-es modell.

Fontosabb adatai: hatótáv 400 km, akkumulátorra 64 kWh, e-pedáljával gyorsíthat, lassíthat és fékezhethet.



4. ábra Nissan Leaf e+ elektromos autó, 2019-es modell.

Audi e-Tron

Az 5. ábrán bemutatjuk az Audi e-Tron elektromos autót [43].

Fontosabb adatai: hatótáv 411 km (WLTP), akkumulátora 95 kWh, gyorsulása 0-100 km/h: 4,8 másodperc, maximális sebessége 200 km/h.



5. ábra: Audi e-Tron elektromos autó, 2019-es modell.

Opel GT X Experimental

A 6. ábrán bemutatjuk az Opel GT X Experimental elektromos autót [44].

Fontosabb adatai: hatótáv 500 km, 50 kWh-s lítium ion akkumulátor, Level 3-as önműködés.



6. ábra: Opel GT X Experimental elektromos autó.

Bosch e.GO Life 60

A 7. ábrán bemutatjuk a Bosch e.GO Life 60 elektromos autót, 2019-es modell [45].

Fontosabb adatai: hatótáv 145 km (WLTP), 23.5 kWh-s lítium ion akkumulátor, hossza 3,345 m.



7. ábra Bosch e.GO Life 60 elektromos autó, 2019-es modell.

3 AUTÓ MEGOSZTÁS (CAR SHARING)

Az elektromos autók elterjedésével az egyéni tulajdon szerepe háttérbe szorul és a közösségi autók, az autó megosztás (Car Sharing) használata mindinkább teret hódít, a közlekedés szolgáltatás jellegű lesz: Transport-as-a-Service (TaaS). Az autó tulajdonosokból bérlők lesznek, a saját tulajdonú autók száma drasztikusan csökkenthet (The End of Individual Car Ownership!). Ma Budapesten autó megosztás szolgáltatást nyújtanak a következő cégek: GreenGo (2016 óta működik) Mol Limo (2018 január óta), DriveNow, Avalon Car(e) Services, Prologis Car Sharing, Rentalcars, BeeRides. Az AutoPal egy közösségi autó-megosztó szolgáltatás.

Az US Department of Transportation „RethinkX” tanulmánya szerint 2025-re jöhet el a fordulópon, amikor már több kilométert tesznek meg az emberek megosztott járművekkel, mint saját autójukkal [46].

ÖSSZEGZÉS

A közlemény elektromos autók korszerű témakörével foglalkozik. Önműködő autókhoz a meghajtásuk elektromos így a benzin és dízel motoros autók gyors értékcsökkenésével kell szembenéznünk. Az elektromos autók világméretű elterjedését különféle tényezők a hatótáv nagysága, az akkumulátor-technológiák fejlettsége, a járműtöltési infrastruktúra és a bevezetett állami kedvezmények határozzák meg. A hatótávot (Driving Range) számos tényező befolyásolja: haladási sebesség, légkondicionáló berendezés használata, külső hőmérséklet. Az elektromos autók elterjedésével az egyéni tulajdon szerepe háttérbe szorul és a közösségi autók, az autó megosztás (Car Sharing) használata mindinkább teret hódít, a közlekedés szolgáltatás jellegű lesz (Transport-as-a-Service). Áttekintettük az elektromos autók újdonságait.

Külön kitértünk a Opel Corsa e, Lightyear One, Jaguar I-Pace, Nissan Leaf e+, Audi e-Tron, Opel GT X Experimental és Bosch e.GO Life 60 elektromos autók bemutatására.

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Gyula Mester, Szilveszter Pletl, Gizella Pajor, Zoltan Jeges, (1992), Flexible Planetary Gear Drives in Robotics, Proceedings of the 1992 International Conference on Industrial Electronics, Control, Instrumentation and Automation - Robotics, CIM and Automation, Emerging Technologies, IEEE IECON'92, Vol. 2, DOI:10.1109/IECON.1992.254556, San Diego, USA, pp. 646-649.
- [2] Gyula Mester, (1995), Neuro-Fuzzy-Genetic Trajectory Tracking Control of Flexible Joint Robots, Proceedings of the I ECPD International Conference on Advanced Robotics and Intelligent Automation, Athens, Greece, pp. 93-98.
- [3] J. K. Tar, O. M. Kaynak, J. F. Bitó, I. J. Rudas, D. Mester, (1995), A New Method for Modelling the Dynamic Robot-Environment Interaction Based on the Generalization of the Canonical Formalism of Classical Mechanics, Proceedings of the I International ECPD Conference, Athens, Greece, pp. 687-692.
- [4] Gyula Mester, Szilveszter Pletl, Gizella Pajor and Imre Rudas, (1995), Adaptive Control of Robot Manipulators with Fuzzy Supervisor Using Genetic Algorithms, Proceedings of International Conference on Recent Advances in Mechatronics, ICRAM'95, O. Kaynak (ed.), Vol. 2, ISBN 975-518063-X, Istanbul, Turkey, pp. 661-666.
- [5] Gyula Mester, Szilveszter Pletl, Attila Nemes and Tibor Mester, (1998), Structure Optimization of Fuzzy Control Systems by Multi-Population Genetic Algorithm, Proceedings of the 6th European Congress on Intelligent Techniques and Soft Computing, EUFIT'98, Vol. 1, Aachen, Germany, pp. 450-456.
- [6] Gyula Mester, (2006), Motion Control of Wheeled Mobile Robots, Proceedings of the 4th International Symposium on Intelligent Systems, SISY, ISBN 9637154507, Subotica, Serbia, pp. 119-130.
- [7] Gyula Mester, (2006), Intelligent Mobile Robot Controller Design, Proceedings of the 10th Intelligent Engineering Systems, INES, ISBN:0-7803-9708-8, DOI:10.1109/INES.2006.1689384, pp.282-286.
- [8] Gyula Mester, (2007), Improving the Mobile Robot Control in Unknown Environments, Proceedings of the YUINFO'2007, ISBN 978-86-85525-02-5, Kopaonik, Serbia, pp. 1-5.
- [9] Gyula Mester, (2007), Obstacle Avoidance of Mobile Robots in Unknown Environments, Proceedings of the 5th International Symposium on Intelligent Systems and Informatics, SISY 2007, ISBN 9781-4244-1442-0, DOI 10.1109/SISY.2007.4342637, Subotica, Serbia, 2007, pp.123-127.
- [10] Gyula Mester, (2009), Obstacle - Slope Avoidance and Velocity Control of Wheeled Mobile Robots Using Fuzzy Reasoning, Proceedings of the IEEE 13th International Conference on Intelligent Engineering Systems, INES 2009, Barbados, ISBN: 978-1-4244-4113-6, DOI:10.1109/INES.2009.492 4770, pp. 226-230.
- [11] Gyula Mester, Aleksandar Rodic, (2010), Sensor-Based Intelligent Mobile Robot Navigation in Unknown Environments, International Journal of Electrical and Computer Engineering Systems, Vol. 1, No. 2, ISSN: 1847-6996, pp. 1-8.
- [12] Gyula Mester, Aleksandar Rodic, (2012), Navigation of an Autonomous Outdoor Quadrotor Helicopter, Proceedings of the 2nd International Conference on Internet Society Technologie and Management ICIST, ISBN: 978-86-85525-10-0, Kopaonik, Serbia, pp. 259-262.
- [13] Aleksandar Rodic, Gyula Mester, Ivan Stojković, (2013), Qualitative Evaluation of Flight Controller Performances for Autonomous Quadrotors, Intelligent Systems: Models and Applications, Endre Pap (Ed.), Topics in Intelligent Engineering and Informatics, pp. 115-134, Vol. 3, Part. 2, TIEI 3, ISSN 21939 411, DOI 10.1007/978-3-642-33959-2_7, Springer Verlag.
- [14] Aleksandar Rodic, Gyula Mester, (2013), Sensor-based Navigation and Integrated Control of Ambient Intelligent Wheeled Robots with Tire-Ground Interaction Uncertainties, Acta Polytechnica Hungarica, Journal of Applied Sciences, Vol. 10, No. 3, ISSN 1785-8860, DOI:10.12700/APH.10.03, Budapest, Hungary, pp. 113-133.
- [15] Gyula Mester, Aleksandar Rodic, (2013), Simulation of Quadrotor Flight Dynamics for the Analysis of Control, Spatial Navigation and Obstacle Avoidance, Proceedings of the 3rd International Workshop on Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics (IWACIII 2013), ISSN: 2185758X, Shanghai, China, pp. 1-4.
- [16] Josip Stepanic, Gyula Mester, Josip Kasac, (2013), Synthetic Inertial Navigation Systems: Case Study of Determining Direction, Proceedings 57th ETRAN Conference, Zlatibor, Serbia, pp. RO 2.7.1-3.
- [17] Gyula Mester, (2013), Metode naučne metrike i rangiranja naučnih rezultata, Proceedings of the 57th ETRAN Conference, Zlatibor, Serbia, pp. RO3.5.1-3.
- [18] Aleksandar Rodic, Gyula Mester, (2013), Control of a Quadrotor Flight, Proceedings of the ICIST Conference, pp. 61-66, ISBN: 978-86-85525-12-4, Kopaonik, Serbia.
- [19] Gyula Mester, (2015), Novi trendovi naučne metrike, Proceedings of the XXI Skup Trendovi Razvoja: "Univerzitet u Promenama...", paper No. UP 1-3, pp. 23-30, ISBN 978-86-7892-680-8, DOI:10.13140/RG.2.1.1754.2486, Zlatibor, Serbia.
- [20] Gyula Mester, (2015), Modeling of Autonomous Hexa-Rotor Microcopter, Proceedings of the IIIrd International Conference and Workshop Mechatronics in Practice and Education, MechEdu 2015, pp. 88-91, ISBN 978-86-918815-0-4, Subotica, Serbia.
- [21] Gyula Mester, (2015), Cloud Robotics Model, Interdisciplinary Description of Complex Systems, Vol. 13, No. 1, ISSN 1334-4684, DOI: 10.7906/indcs.13.1.1, pp. 1-8.
- [22] Gyula Mester, (2015), Merenje rezultata naučnog rada, pp. 445-453, Tehnika-Mašinstvo, 64, 3, ISSN 00402176, Beograd, Srbija.
- [23] Gyula Mester, (2016), Rankings Scientists, Journals and Countries Using h-index, Interdisciplinary Description of Complex Systems, Vol.14, No.1, ISSN 1334-4684, DOI:10.7906/indcs.14.1.1, pp.1-9.
- [24] Gyula Mester, (2016), Massive Open Online Courses in Education of Robotics, Interdisciplinary Description of Complex Systems, Vol. 14, No. 2, ISSN 1334-4684, DOI:10.7906/indcs.14.2.7, pp. 182-187.
- [25] Mester Gyula, Autonom övezető robot autók, Magyar Tudomány Napja a Délvidéken, Vajdasági Magyar Tudományos társaság, ISBN 978-86-88077-09-5, Újvidék, Szerbia, 2017, pp. 402-417.
- [26] Attila Nemes, Gyula Mester, (2017), Unconstrained Evolutionary and Gradient Descent-Based Tuning of Fuzzy-partitions for UAV Dynamic Modeling, FME Transactions, ISSN: 1451-2092, DOI:10.5937/fmet1701001N, Vol. 45, No. 1, pp. 1-8.
- [27] Gyula Mester, (2018), Autonomni samovozeći automobili, Proceedings of the YuInfo Conference 2018, ISBN: 978 -86-85525-21-6, Kopaonik, Serbia, pp. 59-62.
- [28] Attila Albini, Dániel Tokody, Zoltán Rajnai, (2018), The Categorization and Information Technology Security of Automated Vehicles, Interdisciplinary Description of Complex Systems Vol. 16, No.3-A, DOI:10.7906/indcs.16.3.4, Zagreb, Croatia, pp. 327-332.
- [29] D. Tokody, G. Schuster, (2016), Driving Forces Behind Smart City Implementations-The Next Smart Revolution, International Journal of Emerging Research and Solutions in ICT, Vol. 1, No. 2, eISSN:1857-9981, DOI:10.20544/ERSICT.02.16.P01, pp. 1-16.
- [30] D. Tokody, I. J. Mezei, (2017), Creating Smart, Sustainable and Safe Cities, Proceedings of the IEEE 15th International Symposium on Intelligent Systems and Informatics, SISY 2017, Subotica, Serbia, pp. 141-145.
- [31] Dániel Tokody, Attila Albini, László Ady, Zoltán Rajnai and Ferenc Pongrácz, (2018), Safety and Security Through the Design of Autonomous Intelligent Vehicle Systems and Intelligent Infrastructure in the Smart City, Interdisciplinary Description of Complex Systems, Vol. 16, No. 3-A, DOI:10.7906/indcs.16.3.11, pp. 384-396.
- [32] D. Tokody, I.J. Mezei, Gy. Schuster, (2017), An overview of Autonomous Intelligent Vehicle Systems, in: K. Jármái, B. Bolló (eds) Vehicle and Automotive Engineering, Lecture Notes in Mechanical Engineering, ISSN 2195-4356, Springer, Cham, DOI 10.1007/978-3-319-51189-4_27, pp. 287-307.
- [33] D. Tokody, I.J. Mezei, Gy. Schuster, (2017), Autonom intelligens járművek helyzete Európában, Köztes Európa Társadalomtudományi Folyóirat a VIKÉK Közleményei, Vol. 1-2, No. 1920, ISSN 2064-437X, pp. 199-206.
- [34] Géza Károly Kiss Leizer, Dániel Tokody, (2017), Radiofrequency Identification by using Drones in Railway Accidents and Disaster

- Situations, Interdisciplinary Description of Complex Systems, 15 (2), DOI: 10.7906/indecs.15.2.1, pp.114-132.
- [36] Nyikes, Z., Rajnai, Z., (2015), The Big Data and the relationship of the Hungarian National Digital Infrastructure, International Conference on Applied Internet and Information Technologies, ICAIT 2015, Zrenjanin, Serbia, pp. 6-12.
- [37] AD Rodic, MK Vukobratovic, (2000), Design of an Integrated Active Control System for Road Vehicles Operating with Automated Highway Systems, International Journal of Computer Applications in Technology, Vol. 13, No. 1-2, pp. 78-92.
- [38] Dániel Tokody, Attila Albini, László Ady, Zsolt Marcell Temesvári, Zoltán Rajnai, 2018, Kiberbiztonság az autóiparban, *Bánki Közlemények*, Vol 1, No 3, ISSN 2560-2810, pp. 71-77.
- [39] <https://www.transportenvironment.org/publications/electric-surge-carmakers-electric-car-plans-across-europe-2019-2025> (accessed 16th July 2019)
- [40] <https://int-media.opel.com/en/sixth-generation-opel-corsa-goes-electric> (accessed 16th July 2019)
- [41] <https://ev-database.org/car/1166/Lightyear-One> (accessed 16th July 2019)
- [42] <https://www.jaguar.com/jaguar-range/i-pace/index.html> (accessed 16th July 2019)
- [43] <https://ev-database.org/car/1144/Nissan-Leaf-eplus> (accessed 16th July 2019)
- [44] <https://www.audiusa.com/models/audi-e-tron> (accessed 16th July 2019)
- [45] <https://www.carsandspecs.com/opel-gtx-opels-vision/> (accessed 16th July 2019)
- [46] <https://e-go-mobile.com/en/models/e.go-life/> (accessed 16th July 2019)
- [47] <https://www.rethinkx.com/transportation> (accessed 16th July 2019)

Légszennyezettség hatása az emberi kitettségre és a biztonságra a járványok idővonalában

Air pollution impact on human exposure and safety during the times of epidemics

Dr. Bera József,

Fonometro Környezetvédelmi Kutató és Oktatástámogató Bt., Budaörs, Magyarország
info@fonometro.hu

Összefoglalás — A COVID-19 járvány a biztonság és a környezetvédelem közötti kapcsolat mélyebb vizsgálatát igényli. A koronavírus okozta légúti megbetegedésben és a betegállapot súlyosságában ugyanis nem a betegség idején fennálló levegőminőség a meghatározó. Arra kell helyeznünk a hangsúlyt, hogy a beteg korábban milyen hosszú időszakot töltött el a légszennyezőanyaggal terhelt környezetben, és a légszennyezettség mértéke mekkora mértékű volt. A vírusok elleni védekezést segíti, ha a levegőszennyezettség és annak időtartama is csökken. De mit és milyen mértékben kell megváltoztatni, és miként tegyük ezt? A kérdést környezeti idővonal elemzéssel és levegőminőség mérés alapján kívánjuk megválaszolni, amit jelen munkánkban foglaltunk össze.

Kulcsszavak: koronavírus, légszennyezettség, biztonság

Abstract — The COVID-19 epidemic calls for a deeper study of the relation between safety and the environment. This is because air quality at the time of the disease is not the determining factor in respiratory diseases or in the severity of the coronavirus-related condition. We should focus on how long the patient has been effected by the air polluted environment in the past and how high the air pollution level was. In the long run, it helps to protect against viruses if both air pollution and its duration are reduced. But what should we do, to what extent and how to do it? We would like to answer this question by environmental timeline analysis and air quality measurement, which is summarized in this work.

Keywords: coronavirus, air pollution, safety

1. BEVEZETÉS

A koronavírus okozta COVID-19 fertőző betegséggel kapcsolatban több kutatási jelentés is napvilágot látott, amely a megbetegedések és az elhalálozások számát a levegőminőséggel, főként a nitrogén-dioxid koncentrációval hozza összefüggésbe [1] [2]. A közzétett kutatási jelentések műholdas légszennyezettségi és légáramlási adatok összevetésével mutatnak rá, hogy azokban a térségekben, ahol jelentősebb a légszennyezés más térségekhez képest, ott a koronavírushoz köthető elhalálozások száma is kimagasló. Ez a megállapítás arra utal, hogy a koronavírus-fertőzéssel érintett lakosság egészségi állapota és a levegőminőség közötti kapcsolat feltárása a vírusfertőzésnek való kitettség és a járvány lefolyásának jobb megismeréséhez vezet. Mindehhez a légszennyezés adatok, a légszennyezettséget befolyásoló környezeti körülmények, valamint a biztonságra is kiterjedően a kibocsátó források elemzése szükséges.

2. JÁRVÁNNYAL KAPCSOLATOS FOLYAMATOK

2.1. Levegővédelmi folyamatok

A vírusfertőzés okozta járvány kezelése a kiemelt figyelmet igénylő betegellátáson és a vakcina kifejlesztésén, valamint a járvány visszaszorításán túl a kapcsolódó egyéb folyamatok megismerésére is kiterjed. Keletkezését tekintve el kell fogadnunk a koronavírus és a COVID-19 fertőző betegség jelenlétét, hiszen mindkettő itt van és küzdelmet folytatunk ellene. A küzdelemben minden ország jelentős energiát fektet a járvány visszaszorításába és a betegek gyógyításába, ami a levegővédelmi összefüggésekhez vezetett. Ilyen összefüggés, hogy a kitettséget az egyéb krónikus betegségek mellett az egyes személyek légúti betegsége súlyosbítja, mivel a koronavírus a légzőszervet támadja meg. Tapasztalatok szerint az idős korban lévőknél ez a helyzet fokozottabban jelentkezik. A légzőszervi betegségekkel előtérbe került a légszennyezettség, a kutatások jelenlegi fázisaiban főként a nitrogén-dioxid és a szilárd légszennyezők egészségügyi állapotra gyakorolt szerepe. A légszennyező anyagok azonban összetett folyamaton keresztül vezetnek a légzőszervi betegségek kialakulásához, ezért a koronavírussal szembeni kitettség is számos tényezőtől függ. Azt elsődlegesen elfogadjuk, hogy a kitettség eltérő mértékű az egyes embereknél, és tudjuk, hogy az eltérésben az életkor és az egyéb előzménybetegségek meghatározó szerepet kapnak. Az eltérő kitettség azonban függ a lakókörnyezettől és az élethelyzetektől, egyénenként az életvitelszerűen bejárt terület és napi útvonal – elsősorban levegővédelmi szempontú – környezeti állapotától is. Erre vonatkozóan még kevés ismeret áll rendelkezésre, az érintett térségek levegőszennyezettséggel kapcsolatos környezeti állapotával foglalkozó kutatások eredménye azonban rámutat a kapcsolatra [1] [2] [3].

A vizsgálat kiindulási alapja, hogy a koronavírussal szembeni kitettséget azok a környezeti körülmények befolyásolják, amelyekkel az emberek az életterük és a viselkedésük alapján kapcsolatba kerülnek. Ezek a környezeti körülmények a létfenntartásban elkerülhetetlen, személyenként változó helyzetet teremtenek a levegőminőség vonatkozásában is. A levegőkörnyezeti jellemzőket az egyének az ehhez szükséges lehetőségek hiányában, vagy az elfogadottság miatt nem képesek befolyásolni. Azonban létezik több olyan tényező,

amelynek megváltoztatása vagy jobbá tétele az érintettek magatartásán vagy szándékán múlik.

2.2. Kapcsolódó folyamatok

A levegőminőség kedvező változása mellett a COVID-19 fertőző betegséggel kialakuló járvány negatív hatása, hogy a védekezéshez szükséges intézkedések olyan mértékű gazdasági fordulathoz vezettek, amely lokálisan és tágabb értelemben is bizonytalanságot okoz. A vírus elleni védekezés érdekében bevezetett intézkedések iparágak jelentős visszaesését, több esetben teljes leállását eredményezték. A tevékenységek visszaesése vagy a leállás egyaránt kihat a létfenntartási folyamatokra és a mentális közérzetre, ezáltal az emberek biztonságára. A „biztonság” fogalmát ebben az esetben tágabb értelmezésben alkalmazzuk [4] szerint.

Ha megnézzük a termelési vagy szolgáltatói szektorokat, számos olyan tevékenységet találunk, amely az elvárt eredményt tekintve a mindennapi életvitelhez elengedhetetlenné vált napjainkra. A működés leállításával kialakuló hiány, az esetleges hiányérzet rövid idő alatt kedvezőtlen biztonságérzet kialakulásához vezet, az emberek bizalma gyorsan megrendül. A megszokott technológiák és szolgáltatások folyamatos működése létfontosságú, hiányuk következménye, hogy a vírussal szembeni félelemhez párosul a biztonságérzet csökkenése, amelyre az ellátási biztonság szemléltet megfelelő példát a lakosság körében kialakult felvásárlási hullám formájában. De a járványhelyzetben bevezetett korlátozások meddig jelentenek nagyobb biztonságot, mint a korlátozások nélküli életvitelben megszokott biztonság? Hangsúlyozzuk, hogy a biztonság kialakulása és fenntartása társadalmi méretű, szükséges és egyben túlmutat az egyén szintjén.

A vírus elleni védekezést ugyanakkor tágabb értelmezésben kell megvalósítani, amihez egyfajta környezeti idővonalat használunk. A COVID-19 koronavírussal összefüggésbe hozott légszennyezés, illetve a nitrogén-dioxid jelenléte ugyanis szoros összefüggésben van a biztonságot – létbiztonság, ellátási biztonság [4] – meghatározó emberi tevékenységekkel, az üzemekkel és a gépgyártással, a közlekedéssel és a közlekedési szolgáltatásokkal, de szerepet kap az urbanizáció, az épületek és a lakókönyezet fenntartása is. Ezek a tevékenységek a mindennapok feltételrendszeréhez tartoznak, más megközelítésben a létfenntartás miatt a biztonság alapját adják.

A kedvező levegővédelmi folyamat és a biztonság együttes értékelésével való megközelítéssel elkerülhetetlen, hogy a COVID-19 járványt környezeti idővonal mentén elemezzük. A járványt megelőző időszak, a járvány, és a járványt követő időszak figyelembevételével szükséges vizsgálni azokat a környezeti hatásokat, amelyek befolyásolják a vírusfertőzést és következményeit, de az emberi tevékenységeket tekintve meghatározzák a gazdaság működését, a múltbeli, a jelenlegi és a jövőbeni emberi szándékokat. A járvány elleni védekezésnek ki kell terjednie a jövőbeni kedvező állapot fenntartására is, amelynek célja megakadályozni a vírus újbóli megjelenését vagy a járvány ismételt kialakulását, valamint csökkenteni kell a légúti betegségekhez köthető kitettség mértékét. Az elmondottak alapján a vizsgálathoz „környezeti idővonalra” van szükség, amely egyaránt kiterjed a vírus jelenlétére, valamint a megelőző és a következő időszakokra.

A koronavírusról eddig közzétett információk alapján a környezeti körülmények, így a légszennyező anyagok jelenléte összefüggésbe hozható a személyek kitettségével, a betegség súlyosságával és a sajnálatos elhalálozásokkal. A környezeti körülmények alakulása azonban összetett folyamat, a nitrogén-dioxid szennyezettség csupán a kialakult helyzetet szemlélteti az egyik legfontosabb szennyezőanyag koncentráció bemutatásával [1] [2]. Nem szabad háttérbe szorítani, hogy más légszennyezők, például a szilárdanyagok hasonló mértékben meghatározzák a légúti betegségeket és a vírus terjedését. További levegőminőségi probléma, amikor a vírusnak kitett, sok esetben legyengült szervezet és az épülethelyiség rossz levegője együttesen vezet olyan közérzet kialakulásához, amely érzékeny mentális állapotot okoz. Az összefüggés jelentősége, hogy járványhelyzetben a védelem hatékony és fontos eszköze az otthonmaradás az emberi kontaktok csökkentése érdekében.

A környezeti körülményeket és a levegőminőséget tehát több szempontból is vizsgálni szükséges a COVID-19 fertőző betegség vonatkozásában. Egyrészt meghatározó a környezeti levegő állapota, amely befolyásolja járvány idején a megbetegedések számát és súlyosságát. A levegőkörnyezeti helyzet befolyásolja a járvány folyamatát, az eddigi tapasztalatok szerint a légszennyezéssel összefüggő egészségi állapot a járvány terjedésében és kezelésében alapvető tényező. Nem nehéz belátni, hogy a járványt követő időszakban a termelés újraindításával a légszennyezettség növekedésére lehet majd számítani, ezért a járvány kiújulására irányuló felkészülésben is helyet kap az egészségügyi kitettséggel összefüggő levegőminőség. Másrészt mindaddig, amíg a vírus visszaszorításának egyik eszköze az otthonmaradás, az otthonok levegőjének is megfelelő minőségűnek kell lennie. Egyszerűbb megfogalmazásban a gyakori légcseré, a szellőztetés alapvető a járványok idején. Ebben körbe tartoznak azok az épületek is, amelyek használata még a fertőző betegség elterjedésével is folyamatos, hiszen a biztonság fenntartása a javakkal való ellátás nélkül nem lehetséges.

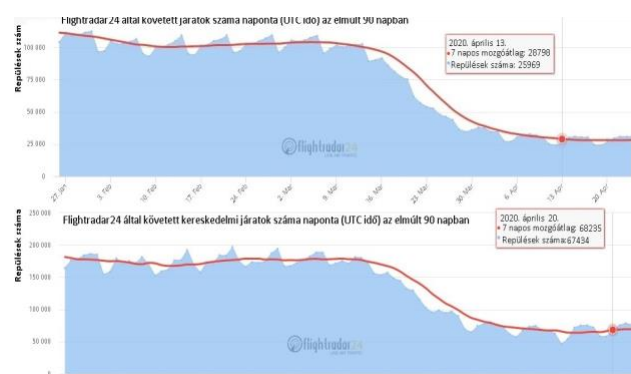
3. JÁRVÁNY ÉS BIZTONSÁG ÖSSZEFÜGGÉSEI

Ahogy említést tettünk róla, járványok idején a vírusfertőzés terjedésében fokozott szerepet kap a biztonság. De mit értünk biztonság alatt az emberek egészségét és a létfenntartáshoz szükséges folyamatokat egyaránt fenyegető helyzetben, amikor a döntéseket eltérő, egymásnak sokszor ellentmondó szempontok befolyásolják?

A helyzet áttekintéséhez látni kell, hogy a műszaki technológiák széles körű alkalmazásával a környezetvédelmi szempontok fokozott mértékben irányítják rá a figyelmet a biztonságra. A környezeti hatások csökkentése a működési biztonságot is érinti, ellenhatás alakul ki a biztonságra való törekvés és a környezethasználat kapcsolatrendszerében. Az ellenhatás lényege, hogy a technológiák folyamatos működtetése a biztonság szükséges feltétele, ami új környezeti hatásokat okozva további biztonsági kockázatokat eredményez. Ezek a biztonsági kockázatok akadályozzák a dinamikus egyensúlyban lévő környezetvédelmi rendszer kialakulását [4]. A humán lét összetettségét tekintve be kell látni, hogy a környezeti hatások kezeléséhez a biztonság ismerete is szükséges, hiszen az eddigi tapasztalatok szerint járvány idején nem a környezetvédelem szabályozza a

tevékenységeket és a megszokott folyamatokat, hanem a megbetegedések miatt a munkaerő karanténba és kórházakba kerülése, valamint a járvány miatt bevezetett kényszerű intézkedések sorozata. A környezethasználatához köthető biztonságra visszahatnak a járvánnyal kapcsolatos intézkedések.

Ezeknek az intézkedéseknek a hatását mérhetjük le a légiközlekedést érintő változásokkal is, amit a járványt megelőző időszakra és a járvány idejére jellemző légiforgalom összevetésével szemléltetünk. Annak ellenére számos kritika éri a légiközlekedést a környezetben okozott légszennyezettség és zajterhelés miatt, hogy a repülőterek környezetvédelmi szabályozása folyamatos, az elmúlt évtizedekben egyre több szabályozási elem kerül be a légiközlekedési folyamatokba. A szabályozás sarkalatos kérdése maradt azonban a légiforgalom növekedése, az emelkedő művelet- és járatszám, amelynek kezelése a környezetvédelem számára máig megoldatlan feladat maradt [5]. A járatszám visszaesésével természetesen a koronavírus járvány idején is csökkent a kibocsátás, illetve a környezetterhelés, ami jelen esetben nem a környezetvédelmi, hanem a kényszerű járványügyi korlátozással függ össze. A légiforgalom alakulása az 1. ábrán látható.



Az 1. ábrán látható, hogy 2020 március hónap 2. hetében mind a teljes, mind a kereskedelmi járatszám drasztikus csökkenése következett be, amely helyzetet a környezeti hatások – főként a zajterhelést és a levegőszennyezettséget – tekintve első megközelítésben előnyösnek tarthatnánk. A környezeti előnyök mellett azonban egy széles körben megszokott utazási és szállítási lehetőség jelentős visszaszorulásáról beszélünk, ami az ellátási biztonság csökkenése mellett a szektorban dolgozók munkahelyét is veszélyezteti, érintve a gazdasági és a politikai biztonság területeit. Tehát a járvány a nem tervezett környezetvédelmi előny okozása mellett szokatlan, a biztonsággal kapcsolatos újabb és egyben negatív helyzet kialakulásához vezetett. A modern környezetszennyezés alapja ugyanis, hogy az egyének és a társadalmak az élet részének tekintik a humán környezethasználatot, és ez jelent biztonságot számukra. A kérdés továbbra is az, hogy mit értünk „biztonság” alatt?

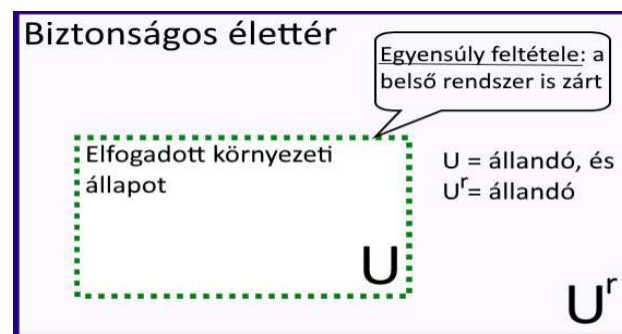
A témával foglalkozó kutatók általános vélekedése, hogy a „biztonság” egy komplex meghatározás, amely területenként sajátos jelentéstartalmat hordoz, ezért fogalmát nem lehet valamennyi területre megkülönböztetés nélkül kiterjeszteni. Meghatározásánál célszerű a lényegi tartalomra koncentrálni, és aszerint gondolkodni, hogy a

biztonság egy pillanatnyi veszélymentes, bántódásmentes állapot [6]. A humán környezethasználatokat tekintve az eddigi meghatározást saját kutatásaink alapján egészítjük ki, miszerint a „biztonság” a komplexitásából adódóan meghatározza az élő szervezet és a környezet közötti kapcsolatot, amelynek lényeges eleme a „hajlandóság”. A problémamegoldáshoz kötődő „hajlandóság” párosul a „bizalommal”. A bizalom kialakulását a „tudat” teszi lehetővé, ami szűkebb értelmezésben a logikus és absztrakt gondolkodás, a valóság megismerése. Tágabb értelemben a „tudathoz” tartozik az „érzékelés” és az „érzelem” is, ami befolyásolja az „akaratot”, mint a cselekvés mozgatórugóját. Az elmondottak alapján a „biztonság” és a „tudat” felhasználásával rögzítjük a „tudati biztonság” fogalmát.

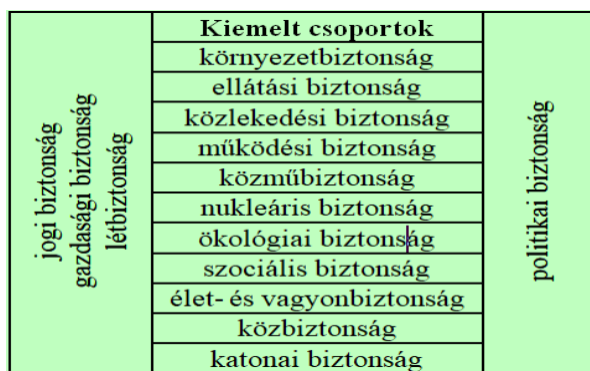
Tudati biztonság:

A valóság megismerésén és az érzékelésen alapuló, szándékos figyelemmel vezérelt cselekvéssorozat, ami az életfeltételek biztosítására, az élet megszűnéséhez vezető károsodások elleni védelemre, valamint a létfenntartásra és konfliktusok elhárítására irányul.

A „biztonság” megítéléséhez nyújt segítséget a „biztonságérzet”. A biztonságérzet olyan tudatállapot, amikor a környezetből érkező input jelek nyugalmi helyzet kialakulásához vezetnek, ezáltal az élettér és az elfogadott környezet kényszerű megváltoztatására nem alakul ki igény. A biztonságérzet alkotóelemeit, a közöttük fennálló kapcsolattal [4] alapján a 2. ábrán szemléltetjük.



Ahhoz, hogy a „tudati biztonság” alapján kialakuljon a valós cselekvéssorozat, minden biztonságterületen erősíteni kell azokat a folyamatokat, melyek kielégítik a funkcióknak megfelelő igényeket. Az emberek mindennapi igényei elsőként az ellátási biztonsággal kerülnek kapcsolatba, amely tágabb értelmezésben valamennyi biztonságterülettel összefügg, egyben a különböző iparágak és technológiák, illetve a működési rendszerek és alkalmazások meghatározó jellemzője. Ezáltal szervesen kapcsolódik a környezetvédelemhez, a kapcsolat minősége szerint gátló és segítő tényező. A biztonságterületeket és az ellátási biztonság helyét az elmondottak megértéséhez a 3. ábrán szemléltetjük [4] alapján.



3. ábra: Biztonság területei funkciók és élethelyzetek szerint [4]

Különböző technológiák – ide értve a gyártást, a közlekedést és az energiatermelést – kibocsátásvizsgálata alapján jutunk arra a következtetésre, hogy a környezeti igénybevétel a biztonság megítélésének alkotóeleme, közvetlen hatást gyakorol a tudati biztonságra és a biztonságérzetre. A humán tevékenységek alapvető jelentőséget kapnak az ellátási biztonság terén, mivel a közlekedési rendszerek, az energiaellátás, az anyagi javak előállítása és rendelkezésre bocsátása, valamint a kapcsolódó folyamatok fenntartása mind ide tartozik. A fenntartás kiegészül a fejlesztéssel és az építéssel, ezek összetartoznak az ellátási biztonság szempontjából. De mindez nem működik az elfogadható közegészségügyi helyzet nélkül, hiszen a gazdaságnak egészséges munkaerőre és korlátozások nélküli folyamatokra van szüksége, hogy a humán igények teljesítése megtörténhessen.

A koronavírussal kapcsolatban kialakult járványhelyzet rávilágít arra, hogy a biztonságot is jelentő környezethasználatokkal az emberiség olyan folyamatokat indított el, amelyek a kiváltott hatás miatt később, például egy vírusfertőzés idején következményekkel járnak. Ilyen következmény a légúti megbetegedések és a levegőszennyezettség közötti összefüggés, amely a tapasztalatok szerint a koronavírussal szembeni fogékonyságot és a megbetegedések súlyosságát fokozza. Az érintettség kialakulása hosszú folyamat eredménye, megértéséhez a környezeti idővonalat vesszük igénybe.

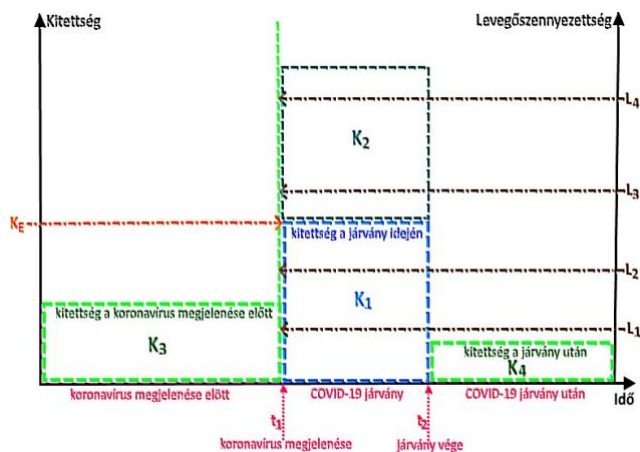
4. JÁRVÁNY KÖRNYEZETI IDŐVONALA

A vírusfertőzéssel kezdődő folyamatok – az egészségügyi és a járulékos folyamatok egyaránt – megértése járványhelyzetben és a járványt követően is szükséges. A következmények felszámolása és a betegek gyógyítása, illetve az újabb fertőzések visszaszorítása mellett a járvány kiújulásával a hatások újbóli kezelése további kihívást jelent a szakemberek számára. Vírusfertőzés esetén az egyik feladat a humán kitettséget befolyásoló tényezők vizsgálata, valamint annak megismerése, hogy ezek a tényezők milyen módon befolyásolják a betegszámot és a megbetegedés súlyosságát, a halálozási ráta mértékét. Mivel a koronavírus a légzőszervet támadja meg, a következményeit és a terjedését befolyásoló egyik tényező a környezeti körülmények állapota, ezen belül a levegőszennyezettség mértéke.

Tény, hogy már évtizedekkel ezelőtt is találkozhattunk olyan vélekedéssel, amely a vírushoz köthető betegségeket a légszennyezettséggel is összefüggésbe hozta. Az eltelt idő rövidsége miatt jelenleg még kevés adat áll

rendelkezésünkre a koronavírus okozta betegségek és a levegőminőség kapcsolatáról, de az eddigi tapasztalatok alapján arra következtetünk, hogy a nitrogén-dioxid és a szilárd légszennyezőanyagok a megbetegedéseket és az elhalálozásokat, valamint a vírus terjedését egyaránt meghatározzák. A vírusfertőzéssel kialakuló betegséggel összefüggésben a nitrogén-dioxid légszennyezőre, a fertőző betegség terjedése miatt a szilárd légszennyezőre hívta fel a figyelmet több kutató. Többek között erre a következtetésre jutott nemrégiben egy olasz kutatócsoport is [7]. Annak ellenére, hogy a jelenlegi felvetések további vizsgálatokkal való tudományos alátámasztására még várni kell, érdemes alaposabban utánajárni, hogy mi a helyzet a légszennyezésből eredő környezeti helyzet és a megbetegedések közötti kapcsolattal. Minderre úgy kerítünk sort, hogy a levegőminőséggel kapcsolatos kitettséget vizsgáljuk az idő függvényében.

A légszennyezettséggel összefüggő megbetegedések, valamint az érzékenység kialakulásának vizsgálatát huzamosabb érintettségre célszerű elvégezni. Arra ugyanis nem találtunk minden kétséget kizáró igazolást, hogy az alkalmasszerűen vagy az eseti jelleggel bekövetkező, illetve az egy-két alkalommal ismétlődő, az átlagos levegőminőségtől eltérő légszennyezettség – az extrém helyzetektől eltekintve – az érintett személyeknél bizonyított egészségkárosodáshoz vezetett volna. Másik, de nem kevésbé fontos ok, hogy az eddigi ismereteink szerint hosszabb idő szükséges a magasabb fokú kitettséghez, amelynek levegőminőséggel való összefüggéseit keressük jelenleg. Ezek a feltételezések vezettek arra, hogy „környezeti idővonal” mentén gondolkodjunk, amihez a 4. ábrán bemutatott sémát alkalmazzuk.



4. ábra: Környezeti idővonal a vírusfertőzéssel kapcsolatos megbetegedések és a légszennyezés közötti összefüggés vizsgálatához

A 4. ábrán az idő függvényében tüntettük fel a kitettség alakulását, jelen esetben a levegőszennyezettséggel hoztuk összefüggésbe a mértékét. A koronavírus megjelenése előtt t_1 időpontig a környezeti körülmények és élethelyzetek alapján mindenkinél a K_3 kitettségi szint alakul ki. A K_3 kitettséget a levegőszennyezettség és az időtartam együttesen határozza meg, mértéke attól függ, hogy egy ember mennyi időt tölt olyan környezetben, ahol a levegőszennyezés mértéke magasabb, vagy alacsonyabb. Természetesen az egészségügyi állapotot sok más tényező is befolyásolja, így a 4. ábrát ezzel a tartalommal csak a koronavírus vonatkozásában, a levegőszennyezettségből eredő kitettség megítélésére alkalmazzuk.

Amennyiben a koronavírus nem kerül ki a környezetbe és nincs járvány, a K_3 alap kitettséggel lehet számolni, amely minden embernél más-más értéket vesz fel. Nagyobb létszámnál, például egy térség lakosságánál a K_E átlagos kitettséget célszerű figyelembe venni, amit a demográfiai adatok, az átlagos életkor, a megbetegedések és az ellátás alapján, de továbbra is az adott térségre jellemző levegőszennyezettség figyelembevételével határozhatunk meg. A koronavírus megjelenésével és járvány kitörésével t_1 után a kitettség meredeken növekszik, amikor a K_1 és K_2 értékek kialakulásával kell számolni, amit az $L_1 \dots L_4$ levegőszennyezettség és a vírusfertőzés együttes hatása befolyásol. Amennyiben hosszú távra állnak rendelkezésre levegőszennyezettség adatok, akkor a kiváltott hatást az $L_1 \dots L_n$ intervallumban vizsgálhatjuk a mért értékek függvényében. Kedvező esetben K_1 lesz a meghatározó kitettség, de magasabb légszennyezettség és időtartam esetében a $K_1 + K_2$ kitettség is kialakulhat, amelynél a vírusfertőzés megelőzésére már jóval nagyobb figyelmet kell fordítani.

A járvány megszűnésével t_2 időpont után is megmarad a kitettség, amit a K_4 értékkel azonosítottunk. A K_4 szintén függ az $L_1 \dots L_4$, illetve $L_1 \dots L_n$ intervallumban a térségben kialakuló légszennyezetéstől, de t_2 időponttól a járvány idején bevezetett intézkedések hatására kisebb mértékű a környezethasználat, amelynek következménye, hogy a légszennyezettség is csökken. A járványügyi korlátozások feloldása után a környezethasználatok fokozatosan megkezdődnek, amelynek következménye a levegőszennyezettség növekedése, ami a K_4 értéket jelenleg még ismeretlen mértékben befolyásolja. A K_1 és K_2 , valamint a K_4 több környezeti tényező függvénye, amelyek közül a legfontosabb, hogy a $t_1 \dots t_2$ időintervallum melyik évszakra esik, illetve milyen az átlagos hőmérséklet nappal és éjjel. Az ipar és a közlekedés mellett ugyanis az épületek fűtése jelenti a jelentős légszennyezőanyag, ezen belül a nitrogén-dioxid kibocsátást. Tehát azzal is célszerű számolni a jövőben, hogy a 4. ábra szerinti $t_1 \dots t_2$ időintervallum a környezeti idővonalon az év melyik szakaszában jelenik meg. Az összefüggés hasonló módon jelentkezik a t_1 előtti és t_2 utáni környezeti idővonal tartamokban is, hiszen télen az adott térség egyéb környezeti adottságai mellett a fűtéshez kapcsolódó magasabb levegőszennyezettség a K_3 és a K_4 kialakulását is meghatározza. Kisebb mértékben, de a téli fűtési időszakon kívül, akár nyáron is felléphet olyan helyzet urbanizációs környezetben, amikor a nitrogén-dioxid és a szilárd légszennyezők kedvezőtlen, szmogos levegőminőségi helyzetet okoznak.

Összességében a levegőminőséget a kibocsátó források mellett a környezeti körülmények is befolyásolják olyan mértékben, hogy érdemes tovább elemezni a kapcsolatot és a koronavírussal való összefüggéseket.

5. JÁRVÁNY ÉS A LEVEGŐVÉDELMI KÖRÜLMÉNYEK

5.1. A levegőminőségről általánosságban

Nekünk a levegőre, a levegőnek ránk van szüksége. A Föld körül az évmilliók során egy körülbelül 100 km vastag levegőburok alakult ki, amely az élőlények számára lehetővé teszi a légzést és szabályozza a Nap besugárzását. A levegő összetétele az évszázadok folyamán kismértékben változott, a változást főként az emberi tevékenységeknek tulajdonítjuk. A légköri levegő egy aerodiszperz rendszer, amelyben gázok keveréke szilárd és folyékony részecskéket tartalmaz. A tökéletes tiszta levegőt kémiai

értelemben nem lehet meghatározni, mivel a földtörténet során ez sohasem létezett, természetes forrásból eredő anyagok – talajokról kikerülő por, tüzek égéstermékai, vulkáni kitörések porai, tengerek kibocsátásai, kozmikus por – mindig jelen volt a levegőben. Ezért a légkör összetételét jelenleg is a bioszféra szabályozza. Természetes környezetben a légszennyező komponensek száma 1400-1600 közötti, amelyek a Földön mindenütt előfordulhatnak, egyaránt lehetnek természetes és antropogén eredetűek. A természetes értelemben tiszta levegő összetételét [8] alapján az 1. táblázatban foglaltuk össze.

1. táblázat: A természetes tiszta levegő összetétele

Gázkomponens	Térfogatszázalék
Nitrogén [N ₂]	78,10 %
Oxigén [O ₂]	20,93 %
Argon [Ar]	0,9325 %
Szén-dioxid [CO ₂]	0,03-0,04 %
Kripton [Kr]	0,0001 %
Neon [Ne]	0,0018 %
Hélium [He]	0,0005 %
Xenon [Xe]	0,000009 %

Az 1. táblázatban felsorolt komponenseken kívül a levegő több más komponenst tartalmaz, amelyek főként a CO, O₃, H₂, CH₄, N₂O, SO₂, H₂S, NO_x, NH₃ és szilárdanyag, valamint változó mennyiségben vízgőz. Az antropogén tevékenységek a levegő összetételét különböző szennyezőanyagokkal befolyásolják, amelyek tartózkodási ideje a levegőben nem végtelen, a kiürülés anyagonként eltérő, néhány naptól a néhány évig terjed. A szennyezőanyagok tartózkodási idejére a levegőben – a teljesség igénye nélkül – a 2. táblázatban szemléltetünk példát.

2. táblázat: Szennyezőanyagok tartózkodási ideje a levegőben

Légszennyező komponens	Tartózkodási idő
dinitrogén-oxid [N ₂ O]	200 év
metán [CH ₄]	7 év
nitrogén-dioxid [NO ₂]	3 nap
szilárd szennyezőanyagok	1-2 órától az 1-2 napig

A dinitrogén-oxid egy színtelen, nem gyúlékony gáz. Anesztetikus és analgetikus hatása miatt a sebészetben és a fogászatban egyaránt használják, ismertebb nevén nevetőgáz az euforizáló hatásából adódóan. Az egészségügy mellett a belsőégésű motorok üzemanyagához is keverik, nagyban növeli a motorok teljesítményét oxidáló hatása miatt. Az elterjedt alkalmazás mellett azonban tudni kell, hogy üvegházhatása hozzájárul a globális felmelegedéshez. A metán egy telített szénhidrogén, amely színtelen szagtalan gáz. Központi eleme a szén, a szénatom körül hidrogénatomok helyezkednek el. Sűrűsége a levegőnél kisebb, ezért felfelé áramlik, egy szoba légterét felülről lefelé tölti meg. A természetben előforduló üvegházhatású gáz, amely főként a szerves anyagok rothadásával, és emésztési folyamatok nyomán jön létre. A nitrogén-dioxid vörösesbarna, szúrós szagú gáz, vízben jól oldódik. Nitrogén-dioxid keletkezik a nitrogén-oxid levegőn történő oxidációja során. A nitrogén-oxidok (NO_x) főként a járművek és a hőtermelő

berendezések égéstermékéből erednek. A környezeti levegőben jelen lévő oxidáló anyagok hatására a nitrogén-monoxid gyorsan alakul át nitrogén-dioxiddá, de a direkt égetés is nitrogén-dioxid kibocsátó forrás. A szilárd szennyezők számtalan forrásból származnak, amelyek főként a tüzelő- és a motorhajtó anyagok égetése, a hulladék égetése, a gépjármű fékrendszerek és gumibroncsok használata, a gyártási és a termelő technológiák, az építkezések. Szinte valamennyi emberi tevékenységnél jelen van. A természetes folyamatok még mindig meghatározóak, jelentős diffúz források alakulnak ki a növényzet hiánya miatt például erdőirtás helyén vagy szántóműveléskor. A levegőben szálló porrészecskék mérete széles tartományban mozog, az egészségre a 10 mikronnál (10 μm -nél) kisebb méretű por jelenti a nagyobb veszélyt, mivel bejut a mélyebb légutakba. A bemutatott szennyezőanyagok környezeti és élettani hatását a 3. táblázatban foglaltuk össze.

3. táblázat: Szennyezőanyagok környezeti és élettani hatása

Légszennyező komponens	Környezeti és élettani hatás
dinitrogén-oxid [N_2O]	A légzést nem táplálja. Szerepet játszik a fotokémiai szmog kialakulásában, savas ülepedésben. Légzőszervi megbetegedéseket okoz.
metán [CH_4]	Levegővel robbanóelegyet képez. Ugyanannyi molekulára vonatkoztatva a szén-dioxiddal 23-szor intenzívebb üvegházhatása van.
nitrogén-dioxid [NO_2]	A téli és a nyári szmogok kialakulásában egyaránt meghatározó szerepet játszik. Légzőszervekben a nedves légúti nyálkahártyához kapcsolódva salétromos savvá, és salétrom-savvá alakul, ezáltal helyileg károsítja a szövetet. Felszívódva a véráramba jut, ahol a hemoglobin molekulát metemoglobinná oxidálja, így az nem képes oxigént szállítani a szervekhez. Csökkenti a tüdő ellenálló képességét a fertőzésekkel szemben, súlyosbítja az asztmás betegségeket, vérvér elváltozást okoz, jelenléte a tüdőfunkció gyengüléséhez vezet.
szilárd szennyezőanyagok	A porrészecskék ingerlik a szem kötőhártyáját, a felső légutak nyálkahártyáját. A tüdőelváltozás mértékét befolyásolja a belélegzett por mennyisége. Csökkenti a tüdő ellenálló képességét a fertőzésekkel, baktériumokkal és a vírusokkal szemben.

Az eddigiekben említett légszennyezők mellett szót kell még ejteni további kettő meghatározó anyagról, a szén-dioxidról (CO_2) és a formaldehidről (CH_2O) is. A környezeti levegőminőség mellett mindkettő komponens befolyásolja a zárt terek levegőjét, amely körülmény a huzamos emberi tartózkodás miatt meghatározó lehet a COVID-19 járvány idején.

A szén-dioxid légköri nyomáson légnemű, gáz halmazállapotú vegyület, a szén egyik oxidja. A tiszta levegő átlagosan 0,04 térfogatszázalék szén-dioxidot tartalmaz, az ismert kutatási adatok szerint a 2016-ban megállapított korrigált átlag 370-404 ppm. Ez a szén-dioxid mennyiség magasnak mondható, mivel a légköri szén-

dioxid koncentráció 100 éve még csak 280 ppm volt. A globális felmelegedés egyik fő oka az emberi tevékenységek szén-dioxid kibocsátása. Számos forrásból kerül a levegőbe. A széntartalmú anyagok égése, az élő szervezetek és a mikroorganizmusok légzése, valamint a háztartások és az ipar mellett a vulkanikus folyamatok és a tengerek kötött szén-dioxidjából felszabaduló mennyiség is szerepet játszik a folyamatban. Színtelen, kis koncentrációban szagtalan, a levegőnél nagyobb sűrűségű vegyület, zárt helyiségben alulról felfelé tölti meg a teret. Amikor a belélegzett levegő a normál szén-dioxid koncentráció többszörösét tartalmazza, akkor enyhén savanykásnak érezzük a levegőt, de ez a koncentráció már veszélyes lehet, mert fulladást, eszméletvesztést is okozhat. A jó hír, hogy a növények víz mellett szén-dioxidot használnak fel a fotoszintézishez. Élettani hatása főként a szédülés, fejfájás, emelkedett vérnyomás, szapora pulzus, fulladás, öntudatlanság. Átgondolva ezeket az élettani hatásokat be kell látnunk, hogy több is van közöttük, amely a mindennapi életünkben jelen van és gyógyszereléssel kezeljük.

A szűkebb életterünket meghatározó, de kevésbé publikált szennyezőanyag a formaldehid. A formaldehid egy szerves vegyület, szobahőmérsékleten gáz halmazállapotú, színtelen, szúrós szagú, rákkeltő hatású gáz. A környezetben szinte mindenhol előfordul, a növényi és az állati szervezetek anyagcsere terméke, de az emberi szervezetben is megtalálható ebben a formában. Számtalan emberi tevékenység során keletkezik, az ipari termelés mellett a dohányfüst és a járműmotorok égéstermékai is tartalmazzák. Kereskedelmi forgalomban is kapható formalin elnevezéssel, ami a formaldehid 30-50 %-os vizes oldata. Belső terekben a mennyiségét növelik az új bútorok, a lakásfelújításnál használt anyagok, a farost- és rétegelt lemezek formaldehid alapú műgyanta ragasztóanyagai, a hang- és hőszigetelő habok. A szaglásérzékelés határa 0,05-1,00 ppm, de már 0,3 ppm-től szemirritációt okozhat, egészségügyi kockázatok 1 ppm feletti koncentráció felett alakulhatnak ki. A levegőben gyorsan párolog, a felezési ideje 10-30 nap. A beltéri levegőben megtalálható formaldehid irritálja a szem és a felső légutak nyálkahártyáját, károsodhat a garat nyálkahártyája, a huzamosabb formaldehid terhelés befolyásolja a tüdő funkcióit, növeli a légúti megbetegedések rizikóját. Hosszan tartó ismételt belélegzése a felső légutak krónikus gyulladását okozza. Orrnyálkahártya általi felvételnél az anyag percekben belül lebomlik, ezért a hatás a levegőnek kitett szervekre korlátozódik. Nagyobb koncentrációban okoz asztmás betegeknek tüneti erősödést, valamint fejfájást és rossz közérzetet.

A levegőszennyezettség áttekintésével fokozatosan jutottunk el a természetes tiszta levegőtől a környezetet és az emberi egészséget egyaránt befolyásoló levegőminőséghez. Az áttekintés nem lehet teljes ebben a formában. Látható azonban, hogy számos olyan légszennyező van a környezetünkben, amely a szabadban és a zárt helyiségekben egyaránt kihat az emberi egészségre, különösen a koronavírussal is összefüggésbe hozott légúti betegségekre. Célszerű tehát mérési adatokkal vizsgálni, hogy mi a helyzet a levegőkörnyezeti helyzet terén.

5.2. Helyiségek levegőkörnyezeti állapota

Abban egységes a szakértők vélekedése, hogy a koronavírus okozta járvány sikeres kezeléséhez a személyes kontaktusok számát csökkenteni kell, a fertőzés terjedését csak így lehet visszaszorítani. A COVID-19 járvány kezdete óta törekszenek arra a döntéshozók, hogy a lakosságot minél nagyobb számban vegyék rá az otthonmaradásra. De milyen kilátásokra számíthatunk, ha a szokásosnál hosszabb időt töltünk zárt térben, az életünket a lakóhelyiségek jelentik és csak korlátozott mértékben mozdulhatunk ki a szabadba, a friss levegőre? Ebben a helyzetben fokozottabb figyelmet kell fordítanunk a helyiségek levegőminőségére is, hogy a járvány elleni védekezés ne járjon újabb egészségügyi kockázatok kialakulásával, vagy járulékos megbetegedéssel.

Kevésbé ismert tény, hogy a beltéri levegőben esetenként több a szennyezőanyag, mint a környezeti levegőben. Ez aggodalomra ad okot, amennyiben belegondolunk, hogy életünk döntő részét normál életvitel mellett is épületekben, négy fal között töltjük, ami felöleli a lakást, a munkahelyet, a tanintézményt, a bevásárlóközpontot, az üzletet, a szórakozóhelyeket, a közintézményeket. Egyes szennyezők koncentrációja sokszor magasabb lehet épületen belül, mint a szabadban meghatározott határérték. A rossz beltéri levegőminőségnek több forrása is van, ezért a nem megfelelő légszerezési feltételeinek kialakítása meghatározó. A légzés útján elhasznált levegő helyébe ugyanis friss levegőt kell engedni, amit az épületkorszerűsítés, vagy a zajcsökkentés érdekében elterjedt, légmentesen záródó nyílászárók akadályoznak. A járvány kezelésében a felületek folyamatos fertőtlenítése, a tisztítószeres és a fertőtlenítéshez használt vegyszerek szintén kibocsátó források, fokozott használatuk a levegőminőséget is nagyobb mértékben befolyásolja, sajnos negatív irányban.

A beltéri levegőkörnyezeti helyzet vizsgálatához és jobb megismeréséhez a kutatásaink során a szén-dioxid és a formaldehid jelenlétét helyeztük előtérbe. Az ember légzése és a személyes levegőhasználat, a fűtés, a dohányzás, a gáztűzhelyek használata a szén-dioxid koncentrációt növeli egy zárt térben. Megfigyelhető, hogy a magas szén-dioxid koncentráció tantermekben vagy előadótermekben is problémát jelent. Ha huzamosabb időn át elmarad a szellőztetés egy teremben, ahol embercsoport tartózkodik, akkor a megemelkedő szén-dioxid koncentráció miatt észrevehetően csökken a hallgatóság figyelme, a tanulók könnyen elalszanak, a jelenlévők fokozott mentális terhelésnek teszik ki magukat a magas koncentrációs igény miatt. Hasonló helyzet alakul ki a lakóhelyiségekben is, ahol kevesebb személy tartózkodik, de értelemszerűen kisebb a légtér is. Egy rosszul szellőztetett lakóhelyiség kedvezőtlenül hat a pihenésre, sokaknál az alvás utáni ébredés fejfájással kezdődik, vagy fáradékonysággal jár.

A formaldehid jelenléte az átlagos lakóhelyiségekben ma már elfogadott, ami az elterjedten alkalmazott kibocsátó forrásoknak, például fából készült bútoroknak és padozatnak, ajtóknak és szigetelőanyagoknak köszönhető. A formaldehid vizes oldata a formalin, amit a biocid hatás miatt a fertőtlenítő termékek is tartalmaznak. A folyékony szappanok, a fogkrémek, a kozmetikumok, a műszálak, a gombaölő szerek, a folyékony tisztítószeres és a legtöbb fertőtlenítőszer formaldehiddel készül. Látható, hogy szinte mindazon anyagokban találunk formaldehidet, amivel a

fertőzés terjedésének megakadályozásához, valamint egy átlagos lakásban körbe vesszük magunkat.

A szén-dioxid, a PM₁₀ szilárdanyag (10 µm) és a formaldehid koncentráció jelenlétét átlagos lakóhelyiségben műszeres méréssel vizsgáltuk. A méréseket egy 2,40x4,80 m alapterületű, átlagosan berendezett lakószobában végeztük el. A szén-dioxid és a szilárdanyag koncentráció mérését a reggeli órában kezdtük, ezt megelőző éjjel két fő tartózkodott a helyiségben zárt ablakok és ajtó mellett. A mérés idején ablaknyitással befolyásoltuk a beltéri légállapotot. A második mérést jól kiszellőztetett helyiségben kezdtük, majd elvégeztük a felületek tisztítását, amihez általános folyékony tisztítószer, ablak- és üveg tisztítót, bútorápoló aeroszolt használtunk.

Első felvetésünk, hogy szellőztetés hiányában feldúsul a vizsgálatba vont helyiségben a szén-dioxid koncentráció, amelynek mértéke növekszik a szobában tartózkodó személyek mozgásával. A szilárdanyag vonatkozásában hasonló eredményt várunk, a mozgás felkavarja az éjszakai nyugodt helyzetben leülepedett port, ami a levegőben növekvő koncentrációt okoz. A mérések alapján arra is választ keresünk, hogy az ablak nyitása milyen mértékben módosítja a szennyezőanyag koncentrációt. Második felvetésünk, hogy a lakóhelyiség levegőminőségét meghatározza, ha fertőtlenítő- és tisztítószerrel áttöröljük a bútorok és a padló felületeit, a kialakuló koncentráció lecsengése az időben elnyúló folyamat. Szén-dioxid vonatkozásában a „jó levegő” határértékének a környezeti levegőre jellemző átlagos koncentrációt, szilárdanyag vonatkozásában a környezeti levegőre [10] alapján meghatározott határértéket, formaldehid vonatkozásában [9] alapján a WHO által lakóházakra javasolt 0,1 ppm koncentrációt vettük alapul. A mérési eredményeket az 5-7. ábrák szemléltetik.



5. ábra: Lakóhelyiségben mért szén-dioxid koncentráció



6. ábra: Lakóhelyiségben mért szilárdanyag koncentráció



7. ábra: Lakóhelyiségben mért formaldehid koncentráció

A vizsgálat eredményei alapján igazoltnak látjuk azt a felvetést, hogy 8 óra időtartamban, csukott nyílászárók mellett kettő személy kilégzésével a szén-dioxid koncentráció a „jó levegő” mértékét jelentősen meghaladja. Ablaknyitás hiányában, az ébredés utáni időszakban a szén-dioxid koncentráció további emelkedését tapasztaltuk. Az ablak nyitásával a szén-dioxid koncentráció gyorsan csökkent, de a környezeti levegőre meghatározott 404 ppm értéknél még 30 perc elteltével is jóval magasabb, a „jó levegő” mértékét lakóhelyiségben még huzamosabb szellőztetéssel sem sikerült elérni. A szellőző levegő hatására az első időszakban csökkent a szilárdanyag koncentráció, majd a folyamatot kismértékű koncentrációváltozás jellemzi, amelyben az ablak nyitások és zárások egyaránt tapasztaltunk kismértékű emelkedést. A mért koncentráció újbóli csökkenése csak nyugodt légállapot mellett következett be. A szilárdanyag koncentráció változásai arra utalnak, hogy a szennyezőanyag nem a nyitott ablakon keresztül beáramló levegővel, hanem a lakóhelyiségbe belépők ruházatával és használati tárgyaival került be a helyiségbe. Az ablak nyitása nem okoz olyan mértékű szilárdanyag koncentrációnövekedést, mint egy hosszabb, nyugodt időszak után a mozgással okozott légáram.

A formaldehid mérését átszellőztetett lakóhelyiségben kezdtük, így a mért koncentráció alapján a formaldehid jelenlétét a mérés kezdetén nem tudtuk kimutatni. Az ablakot folyamatosan zárva tartottuk. A mérés első szakaszában használati tárgyakat és ruházatot mozgattunk, ennek hatására a szoba levegőjében a formaldehid koncentráció kismértékben emelkedett, de nem érte el a 0,1 ppm értéket. Ezt követően a takarítás időszakában, a fertőtlenítőszer használata a helyiségben a formaldehid

koncentráció ugrásszerű növekedett, 8 perc alatt elérte az 1,28 ppm értéket. A takarítás befejezésével a helyiség levegőjében a formaldehid koncentráció lassú lecsengését tapasztaltuk, a szennyezőanyag a csökkenő mennyiség ellenére huzamosabb ideig jelen volt a helyiség levegőjében, közel 100 perc elteltével is kimutatható volt a 0,63 ppm koncentráció. A formaldehid koncentrációval megértését segíti, hogy 0,05-0,125 ppm között a szaglásküszöbnek megfelelő, a 0,01-1,6 ppm között a nyálkahártya és szemirritációt okozó hatással számolhatunk.

5.3. Környezeti levegőminőség

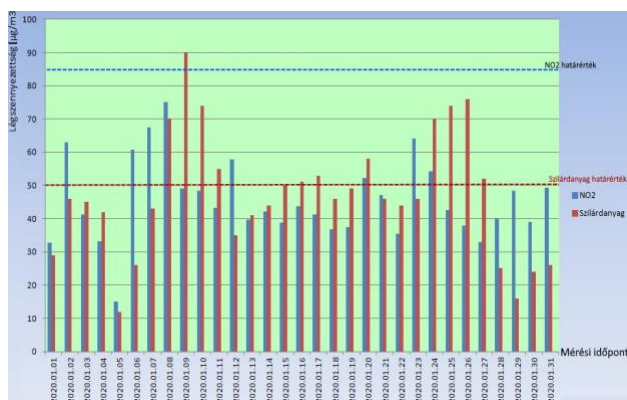
A környezeti levegő összetétele évmilliók alatt alakult ki, a növényzet révén a légkör idővel feldúsult oxigénnel. Természetes körülmények mellett összetett körfolyamat gondoskodik arról, hogy a levegőminőség állandó egyensúlyban maradjon. A növekvő légszennyezés azonban ezt az egyensúlyt megbontotta. Az emberi tevékenységtől eredő légszennyezők túlsúlya a természetes szabályozást zavarja. Ennek köszönhetően a nitrogén-dioxid és a szilárdanyagok fokozott légköri jelenlétét is, ami a légszennyezés mértékét, szélsőséges esetben a füstköd (szmog) kialakulását meghatározza. Téli szmog légszennyezés, inverziós időjárási körülmények között jön létre. Az egyéb légszennyezők mellett ilyenkor a nitrogén-dioxid és a szilárdanyag az inverzió miatt nem tud a magasabb légrétegbe távozni, felszínközeli zónában rekedve létrehozhat az úgynevezett londoni vagy fekete szmogot. Nyári szmog esetén az erős napsugárzás fotokémiai reakciót indít el, amely során nitrogén-dioxid, ózon, hidrogén-peroxid és peroxi-acetil-nitrát keletkezik. A friss levegővel való keveredés hiánya miatt a légszennyezőanyag koncentráció fokozódik, és létrejön az úgynevezett Los Angeles-i vagy barna szmog, amit erősít a direkt nitrogén-dioxid kibocsátás. Jellemzően nagyforgalmú térségekben, száraz és napfényes időjárásnál fordul elő. A folyamatot segíti a terület hegyekkel körülvett katlan jellege, ahol megreked a szennyezett levegő.

Látható, hogy mindkét esetben meghatározó a nitrogén-dioxid és a szilárd légszennyezők hatása. Ez a hatás a levegőminőség és a légzőszervi megbetegedések összefüggésében a koronavírusnak való kitettséget is előtérbe helyezi, a légszennyezettség mértéke mellett annak időtartama és a magas koncentrációk gyakorisága kerül középpontba. Ezért a továbbiakban arra keresünk választ, hogy ezeknek az anyagoknak a koncentrációja eltérő környezeti körülmények mellett milyen mértékben módosul, és mekkora a kiváltott hatás a környezeti idővonal mentén. A vizsgálat eredménye azért kérdéses, mert a korábbiakban bemutattuk, hogy több szennyezőanyag pár nap alatt kiürül a levegőből. A folyamat azonban sajnos végtelen, a kibocsátások révén számolnunk kell a szennyezőanyagok állandó pótlásáról. Kisebb-nagyobb mértékben, és eltérő környezeti helyzetekben a légszennyezőanyagok utánpótlása szinte mindig megtörténik. A nitrogén-dioxid és a szilárdanyag koncentrációkat mérések alapján vizsgáltuk. Felvetésünk, hogy eltérő környezeti helyzetekben a belélegzett szennyezőanyagok mennyisége jelentős változást mutat, ami a 4. ábrán bemutatott környezeti idővonal függvényében a kitettséget befolyásolja.

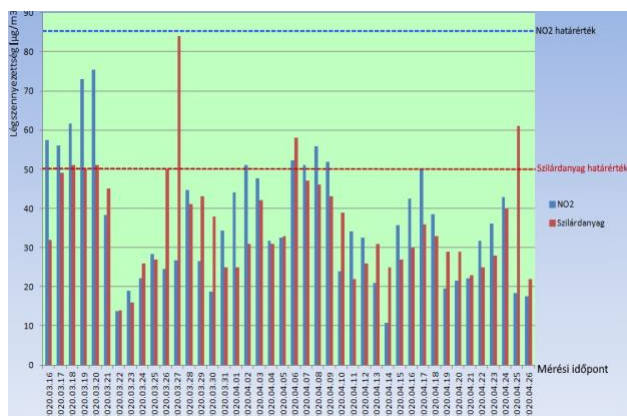
Elsőként megnéztük nagyvárosi környezetben a nyári „nem fűtési időszakban” és a téli „fűtési időszakban”, valamint tavasszal a március-április időszakban a nitrogén-

dioxid és szilárdanyag koncentrációt. A felhasznált adatok forrása az Országos Légszennyezettségi Mérőhálózat Budapest I. kerület Széna tér mérőállomás, amely elhelyezkedése alapján a városi közlekedéstől eredő légszennyezettséget méri. A vizsgált időszakok: 2019. augusztus 01-31., 2020. január 01-31. és 2020. 03. 16-04.26. A határértéket [10] alapján vettük figyelembe.

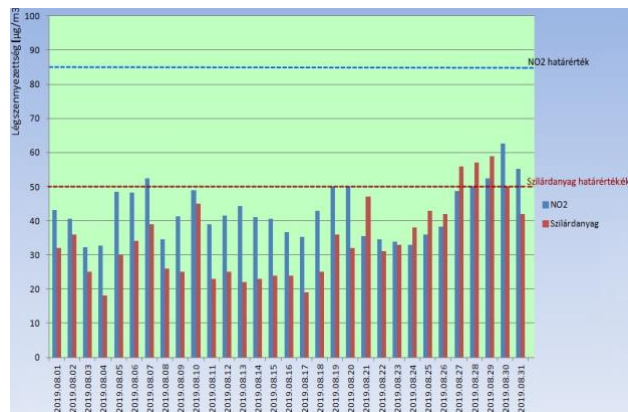
A bemutatott mérési eredmények alapján látható, hogy naponta változik a légszennyezettség, amely változás esetenként jelentős az egymást követő napokon. A kibocsátás-változásnak a forrásjellemzők mellett a környezeti körülményekre visszavezethető okai vannak. A vizsgálat során nagyobb jelentőséget tulajdonítunk a koncentrációk nyári és téli időszakokban megfigyelhető tendencia jellegének és annak a ténynek, hogy a vizsgált időszakokban folyamatosan magas a nitrogén-dioxid és a szilárdanyag koncentráció az urbanizációs környezetben. Amennyiben a vizsgálatot kiterjesztjük a térségben tartózkodó személyek által belélegzett mennyiségekre, akkor a koronavírus szempontjából is érdekes eredményre jutunk. A légszennyezettség adatokat a 8-10. ábrák szemléltetik.



8. ábra: Légszennyezettség városi környezetben télen



9. ábra: Légszennyezettség városi környezetben tavasszal



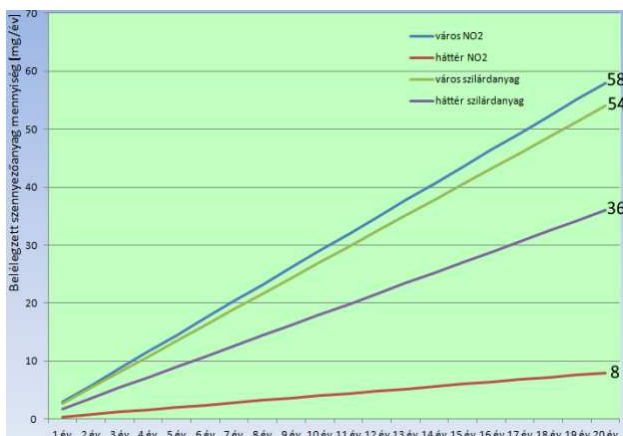
10. ábra: Légszennyezettség városi környezetben télen

A légzés a külső légtér és a vér közötti gázcsere, ami a tüdőben történik. A levegőcserét a ki- és belégzés biztosítja. Nyugodt légzéskor egy egészséges felnőtt ember 1 perc alatt 16-szor vesz levegőt, amivel 0,5 liter levegőt szív be és lélegzik ki. Nehézlégzéskor, illetve erőltetett légzéskor 2,5 l is lehet a légzési térfogat. A vizsgálatnál a belélegzett 0,5 l levegőt vettük alapul, és feltételeztük, hogy egy személy éves átlagban naponta legfeljebb 12 órát tartózkodik a szabadban. A havi átlagok alapján számolt légszennyezőanyag mennyiségek a 4. táblázatban láthatók.

4. táblázat: Belélegzett légszennyezőanyag mennyiségek

	nitrogén-dioxid			szilárdanyag		
	január	április	augusztus	január	április	augusztus
napi átlag [µg/m³]	45,5	38,6	42,7	47,0	37,7	35,6
1 nap alatt belélegzett [µg]	262,2	222,3	243,0	270,2	216,6	205,1
1 év alatt belélegzett [µg]	2891			2704		

Amennyiben az éves eloszlást nézzük, akkor éves átlagban 2,9 mg nitrogén-dioxidot és 2,7 mg szilárdanyagot lélegzünk be nagyvárosias környezetben napi 12 óras szabadban eltöltött idővel. A továbbiakban elvégeztük a vizsgálati eredmény idővonal és összehasonlító elemzését. Megnéztük, hogy 20 éves idővonalon mennyi szennyezőanyag kerül egy ember légzőszerveibe, valamint összevetettük az urbanizációs környezetet a természetes környezettel a belélegzett szennyezőanyagok szempontjából. Az összevetéshez az Országos Légszennyezettségi Mérőhálózat Sarród mérőállomáson rögzített levegőminőségi háttérterhelést vettük alapul. Háttérterhelés vonatkozásában az átlagos napi nitrogén-dioxid koncentráció 3,1-11,0 µg/m³, az átlagos napi szilárdanyag koncentráció 12,7-24,9 µg/m³, amely értékek messze elmaradnak a városi környezetben mért légszennyezettségtől. Az idővonal és összehasonlító elemzést a 11. ábrán szemléltetjük.



11. ábra: Belélegzett szennyezőanyag környezeti idővonal és összehasonlító elemzése

A vizsgálat eredménye rámutat arra a tényre, hogy az urbanizációs környezetben és a természetes környezetben belélegzett nitrogén-dioxid mennyiség markáns különbséget mutat. Amennyiben a természetes környezeti körülmények mellett belélegzett nitrogén-dioxidot vonatkoztatjuk a légzőszervek normál működtetésére, akkor átlagban 7,25-ször több nitrogén-dioxid jut a légzőszervekbe urbanizációs környezetben. Szilárdanyag vonatkozásában ez a különbség 1,5-szeres, ami az urbanizációs és a természetközeli környezeti állapot között kisebb eltérést mutat. A légzőszervi terhelés szempontjából tehát meghatározó a nitrogén-dioxid jelenléte, a terheléskülönbség a jelenlegi egészségügyi ismeretek alapján jelentősnek mondható. A szilárdanyag inkább a koronavírus terjedésében kap nagyobb szerepet, mivel városi és természetközeli környezetben egyaránt jelen van, ami meghaladja a nitrogén-dioxid mennyiségét. Ettől függetlenül a városi környezetben fellépő szilárdanyag szennyezettség mértéke szintén kiugrónak mondható a természetes környezeti körülményekhez képest.

A 11. ábrán bemutatott jellegzőgörbék ollószerűen nyílnak. A folyamatosan szétnyíló ollójelleg miatt a levegőterheltség különbséget a légzőszervi terheltség szempontjából nevezzük a továbbiakban „levegőterheltség expozíciós mutatónak”, amely jelen esetben az egyenes jellegzőgörbével szélsőséges esetet szemléltet. A modellnél ugyanis azt vettük alapul, amikor az évek számával egyenes arányban növekszik a belélegzett szennyezőanyag mennyisége. A belélegzett légszennyezőanyag mennyiség növekedése és csökkenése torzítja az egyenest, ami összefüggésben van a térség légszennyezettségi helyzetével. Kedvező helyzetet a levegőterheltség expozíciós mutató alapján adó jellegzőgörbe ellaposítása, az ollójelleg szűkítése jelent, amely lehetőség vizsgálata további kutatási célkitűzésünk. Nem nehéz ugyanis belátni, hogy a levegőterheltség expozíciós mutató javításával közelebb jutunk a koronavírussal összefüggő légzőszervi megbetegedések kezelésében a megoldáshoz.

6. KONKLÚZIÓK

A koronavírus és a nitrogén-dioxid szennyezettség közötti összefüggést ismertető kutatások megállapításai szerint a járvány súlyosságát fokozza a levegőkörnyezeti hatások okozta légúti betegség és egészségügyi kitettség. Ezért a COVID-19 járvány esetében is előtérbe került az antropogén tevékenységektől, az ipartól, az üzemektől és a

közlekedéstől eredő környezeti hatások, a levegőminőség jobb megismerésének igénye.

A járvány visszaszorításának eszköze a személyes kontaktusok csökkentése, ami főként az otthonmaradással valósul meg, emberek huzamos időt töltenek lakásaikban, zárt terekben. Miközben biztonságban érezzük magunkat járvány idején az otthonunkban, hajlamosak vagyunk megelégedezni az egyéb, főként a levegőkörnyezeti hatásokról. A biztonság ebben a vonatkozásban több kérdést is felvet, amelyekre elsőként a tudati biztonság és a biztonságérzet, valamint a vírusfertőzéssel kapcsolatos megbetegedések, illetve a légszennyezés közötti összefüggés vizsgálatához felállított környezeti idővonal ad választ.

Az általunk elvégzett vizsgálatok felvetése, hogy a koronavírus és a légúti betegségek közötti kapcsolatot a természetes állapothoz képest kimutatott levegőminőségi helyzetből adódó, belélegzett szennyezőanyag mennyiség is meghatározza. A lakóhelyiségek kellő ismeretek hiánya miatt csak látszólagos biztonságot jelentenek, sok esetben a levegőben kimutatható légszennyezők okán veszélyzóna alakul ki. Felvetéseink az elvégzett mérések és az elemzés alapján igazolást nyertek.

Igazoltuk, hogy urbanizációs környezetben a szabadban eltöltött időben, légzés útján jóval több szennyezőanyag kerülhet az ember szervezetébe a természetes, kedvező alapállapottal jellemzett környezethez képest. Az elemzés alapján az életkor, illetve a szennyezésnek való időbeli kitettség is meghatározó tényező. A lakóhelyiségben elvégzett mérésekkel igazoltuk, hogy a zárt terekben a kellő átszellőzés nélkül kialakuló szennyezőanyag koncentrációk lecsengési ideje hosszú. Alátámasztottuk, hogy a szennyezőanyagok jelentős része nem a szellőző levegővel kerül a helyiségekbe, hanem a ruházattal és a használati tárgyakkal való behurcolás útján, amely elleni védelem a koronavírus vonatkozásában külön figyelmet érdemel.

A vizsgálati eredmények megalapozzák azt a felvetést, amely a koronavírus és a levegőkörnyezeti helyzet összefüggéseire irányul. A COVID-19 járvány hatásainak kezelésében így szerepet kell adni a levegővédelemnek, valamint a légszennyezést okozó technológiák, az emberi tevékenységek, a gépiüzemeltetés, az eszközhasználat és a közlekedés levegőterhelés vizsgálatának.

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] https://makronom.mandiner.hu/cikk/20200421_a_levego_magas_nitrogen_dioxid_szintje_osszefugghet_a_covid_19_magas_halalozasi_ratajaval, letöltés: 2020. 04. 22.
- [2] <https://infostart.hu/tudomany/2020/04/22/ez-mar-nem-talal-gatas-megvan-hol-lehet-magas-a-jarvany-halalozasi-aranya>, letöltés: 2020. 04. 22.
- [3] https://nepszava.hu/3075296_a-levego-nitrogen-dioxid-szintje-osszefugghet-a-koronavirus-halalozasi-aranyaval, letöltés: 2020. 04. 22.
- [4] Bera J.: *Biztonság kontra modern környezeti probléma*, Műszaki Tudományos Közlemények (HU), 2018, Kolozsvár, pp. 47-50, <https://content.sciendo.com/view/journals/mtk/9/1/article-p47.xml>
- [5] Bera J., Pokorádi L.: *Közlekedés a környezetvédelmi rendszerhatáron innen és túl*, Közlekedéstudományi Konferencia 2016 Kiadvány, Győr, 2016, 116-143.
- [6] Csutorás G.: *Biztonságtudomány*, Környezetvédelmi Tudástár XXIX. kötet, Pannon Egyetem, Veszprém, 2013, 12-14.
- [7] <https://qubit.hu/2020/03/28/olasz-kutatok-szerint-ahol-nagy-a-legszennyezettsegi-ott-jobban-terjed-a-koronavirus>, letöltés: 2020. 04. 27.
- [8] Dr. Kovács B.: *Levegőtisztaság-védelem*, Veszprémi Egyetemi Kiadó, Veszprém, 2004, p. 11.
- [9] <https://www.who.int/healthinfo/statistics/mortality/en/>, letöltés: 2020.05.12.
- [10] A levegőterheltségi szint határértékeiről és a helyhez kötött légszennyező pontforrások kibocsátási határértékeiről szóló 4/2011. (I. 14.) VM rendelet 1. melléklet

Alumínium palackok alakítási határállapot-szimulációjának előkészítése

Baksa Attila*, Kiss László Péter**, Gönczi Dávid***, Kovács Péter Zoltán****, Lukács Zsolt*****

*, **, ***Miskolci Egyetem, Műszaki Mechanikai Intézet

****, *****Miskolci Egyetem, Anyagszerkezet-tani és Anyagtechnológiai Intézet

Miskolc, Magyarország

*mechab@uni-miskolc.hu, **mechkiss@uni-miskolc.hu, ***mechgoda@uni-miskolc.hu

****metkpz@uni-miskolc.hu, *****Lzsolt@kugli.net.uni-miskolc.hu

Összefoglalás - Az alumínium palackok gyártása során az egyik kiemelt kérdés a kiválasztott geometriához tartozó alakítási határállapot és az alakítóerők meghatározása. A csomagolópalack geometriájából kifolyólag héjként modellezendő, és célunk a stabilitásvesztés numerikus szimulációjának kalibrálása a későbbi vizsgálatok előkészítéséhez. A modellt két fázisban validáltuk a modellezni kívánt, gyártásból kivett palack előgyártmány-variánsok kísérleti eredményeit felhasználva. A modellben rugalmas-képlékeny anyagtörvényt alkalmaztunk a lineárisan keményedő alumínium anyagi viselkedésének leírására. Az előírt (tökéletes) geometrián túl foglalkoztunk a gyártási hibákra, azaz imperfekciókra való érzékenységgel is a modellünkben. Nemlineáris stabilitásvizsgálatokat végeztünk a Riks-módszer segítségével talprész nélküli és talprésszel rendelkező palackgeometriák esetén.

Kulcsszavak: alumínium palack, stabilitásvesztés, végeselem, héj.

Abstract - The most critical questions in the production of aluminium cans are the limitations of the forming steps where the loss of stability occurs and the maximum reaction forces during the process. Due to the geometry of these cans, they can be modeled as shells with elasto-plastic linearly hardening constitutive equations. Our main objective was to calibrate the numerical simulations of the forming phases in two steps using experiments conducted on different initial geometries. We dealt with the simulations of ideal shell geometries and investigated the effects of the imperfections and initial stresses on the reaction force – displacement curves. The Riks method was used to tackle the nonlinear stability problems of the aluminium cans.

Keywords: aluminium cans, loss of stability, FEM, shell.

1. BEVEZETÉS

Az alumínium palackok a gyógyszeripartól a kozmetikai iparig számos területen, nagy mennyiségben alkalmazott csomagolóeszközök. Napjainkban azonban új marketing szempontokat figyelembe véve újszerű, összetett geometriák gyártására van szükség. Az új formavilág hatékony tervezéséhez indokolt a palackgyártási technológia kritikus műveleteinek részletesebb numerikus, azon belül is pl. végeselemes szimulációval történő vizsgálata. A modelleket azonban

fontos kísérleti úton kalibrálni, azaz az egyenletrendszer paramétereit beállítani, a módszert validálni. A csomagolópalackok geometriájukból kifolyólag héjként modellezhetők, és számos kérdés felmerül a stabilitásvesztésük leírása kapcsán.

Vékony, hengeres héjak stabilitásvesztésével számos tanulmány foglalkozik, a munkák jelentős része vizsgálja a stabilitásvesztést befolyásoló tényezők, közöttük is a legjelentősebb tényező, a geometriai imperfekciók hatását [1-5]. Ezen cikkek (főként rozsdamentes acélból készült) hengeres héjak horpadásaiból és egyéb gyártási hibáiból származó alakhibák, illetve azok méretének és elhelyezkedésének hatásával foglalkoznak egyszerű geometriájú szerkezeti elemek stabilitásvesztése során. A [6] és [7] cikkek az axiálisan terhelt alumínium palackok (főként üdítőitalos palackok) teherbírásnak végeselemes vizsgálatával foglalkoznak. Belblidia [8, 9] az alumíniumból palackok töltőnyomás alatti viselkedésével és ahhoz kapcsolódó stabilitásvesztésének numerikus szimulációjával foglalkozik.

Az aeroszolos palackok numerikus vizsgálatának kérdéseit taglalja néhány cikk [10-14], amelyek az előállítási folyamat különböző fázisainak egyszerű modellezését vizsgálják, kezdve a pogácsából (mint kiinduló állapotból) való hátrafolyatástól az alakadási fázisok vizsgálatig. Az utolsó tanulmány részletesebben foglalkozik a héjak imperfekcióra való érzékenységgel. A [15] cikk részletesen taglalja a kitűzött probléma egyenletrendszerének és megoldási sajátosságainak vizsgálatával.

Jelen cikk az alumínium csomagolópalackok gyártásának végeselemes modellezéséhez kalibrálásával és validálásával foglalkozik, továbbá célul tűztük ki, hogy megvizsgáljuk az alakhibafaktor és anyagi paraméterek, a maradó feszültségek, a lakkréteg és egyéb tényezők hatását a palackok stabilitásvesztésére.

Ezután tekintsük át az aeroszolos palackok gyártásának főbb lépéseit [15]. Az első lépések a képlékeny hidegalakítás, a méretre vágás, a lakkozás és festés, majd a kiégetés. Ezen szakaszok után felmerül számos kérdés, például, hogy a nagy mértékű képlékeny alakítás, majd az azt követő hőkezelés hatására kialakult maradó feszültség, avagy a falvastagság eloszlása, a gyártási hibák milyen mértékben befolyásolják a stabilitásvesztést.

Ezután következik a fő lépés, az alakadás, amely nyakbehúzási és szűkítési-tágítási lépések sorozatából áll. Az ezt végrehajtó célgépet szemlélteti az 1. ábra. Az utolsó lépésekben forgácsolják a palackokat, majd ellenőrzik és csomagolják.

Az aeroszolos palackok anyaga Al99.5 (EN AW 1050) jelű alumínium, amelynek legfontosabb mechanikai jellemzői a rugalmassági modulusz $E=75000$ MPa, a Poisson tényező $\nu=0,33$, a sűrűség $\rho= 2,75 \cdot 10^{-9}$ t/mm³, az egyezményes folyáshatár és a szakítószilárdság, amelyek rendre: 120 MPa és 150 MPa. A modellünkhöz lineárisan keményedő rugalmas-képlékeny anyagmodellt használtunk.



1. ábra: A palack alakítását végző gép

2. A TALP NÉLKÜLI PALACK

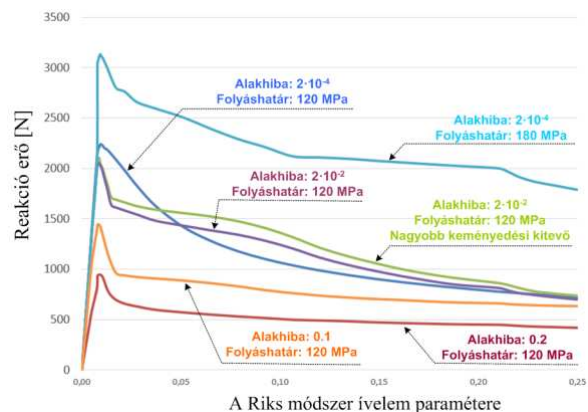
Az első kalibrálási lépésben vettünk egy adott palackgeometriát ($\varnothing 50$ mm), amelyen a főbb paraméterek hatását vizsgáltuk. Az anyagi paramétereket szakítóvizsgálat segítségével határoztuk meg. A palack különböző zónáiból vágunk ki próbatesteket, amelyek diagramjait felvéve adtuk meg a palack egyes zónáiban (partícióiban) az anyagjellemzőket.

A testet az alsó peremén befogtuk, az összenyomást a felső peremén elmozdulással (gyakorlatilag tengelyirányú nyomással) modelleztük. Tehát egyelőre a valódi feladat érintkezési jellegétől (alsó él-sík) eltekintettünk. Ebben az esetben a roppantóerő, azaz a stabilitásvesztéshez tartozó reakcióerő 4,78 kN nagyságú volt. Ha az alsó peremet nem falaztuk be, csak a tengelyirányú mozgását kötöttük le, akkor a roppantóerő érdemben nem változott az ideális geometria mellett, az értéke 4,71 kN lett. Ezután megvizsgáltuk az alakhibával ellátott palacktestet is.

A modál analízis során igen változatos sajátalakokat kaptunk, amelyek kombinációjával megzavartuk az ideális kezdeti-, geometriai viszonyokat. Ezeknél jellemzően a húzó, hajlító és csavaró lengésképek egyszerre, kapcsolatosan jelentkeznek.

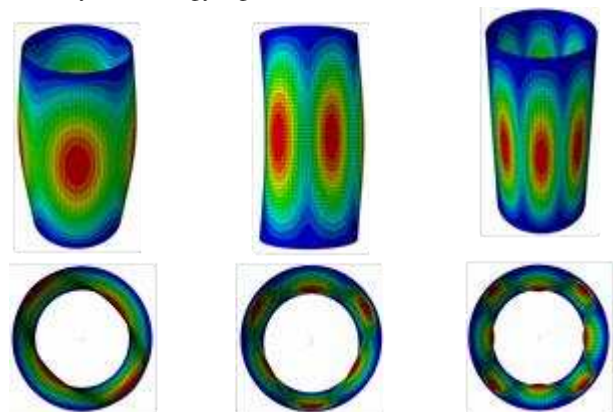
A különféle alakhibákkal (sajátalakokkal) a gyártási tűrésmezőn belül megzavart (skalázott) geometriákon végeztünk stabilitásvizsgálatokat a Riks-módszer segítségével az alakítási határállapotok és roppantóerők megkeresése érdekében. Vizsgáltuk néhány paraméter hatását erre az egyszerű elrendezésre, pl. a folyáshatárt, az alakhiba hatását és a keményedési kitevőt. A végelelemes hálót és az eredményeket mutatja be a 2. ábra. Ahogy az látható, az alakhiba és a folyáshatár nagyban befolyásolja a stabilitásvesztéshez tartozó

reakcióerő nagyságát. Az ideális geometriával összevetve, a roppantóerő – a körülményektől függően – körülbelül feleződött.



2. ábra: A levágott aljú palack végelelemes hálóval leképezett ideális geometriája és a paraméterek hatása a reakcióerőre

Ezek után tekintsünk egy $\varnothing 45 \times 90$ mm hosszúságú, méretre levágott, 0,34 mm-es falvastagságú palackot. Ezt a munkadarabot a hátrafolytatás, a belső felület festése és a hőkezelés utáni állapotában vizsgáltuk és felvettük a roppantóerő-elmozdulás diagramokat. A modál analízis során nyert néhány jellemző sajátalakot mutat a 3. ábra. Az itt látható alakok a valósághoz képest jelentősen fel vannak nagyítva a szemléltetés kedvéért. A különböző színek a különböző mértékű elmozdulásokat jelentenek a lengésképen a kezdeti, forgásszimmetrikus alakhoz viszonyítva (de egységre normálva).



3. ábra: Néhány jellemző skalázott sajátalak

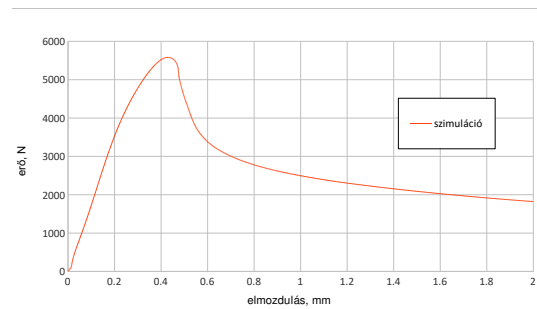
Összhangban a változatos imperfekciókkal, különféle kihajlott alakok adódtak eredményül, mint ahogy annak két esetét a 4. ábra is szemlélteti.



4. ábra: Szimulációs és kísérleti eredmények

A színek jelen esetben a redukált feszültség-eloszlást mutatják meg. A kihajlás minden esetben a folyáshatárnál kisebb feszültségi szinten indult meg. Ez összhangban van azzal a feltevessel, hogy a rugalmas szakaszban indul meg a stabilitásvesztés. Ezek az eredmények egyezést mutatnak az aeroszolos palackok tömeggyártásánál szerzett tapasztalatokkal, ugyanis a valóságban hasonlóképpen, igen változatos formákban szokott jelentkezni a tönkremenetel. Az előző ábrán megjelenített első palackhoz tartozó alakítóerő-elmozdulás diagramot vázolja az 5. ábra. Az alakhiba faktort ebben az esetben a legyártott palackok geometriájának méréseiből kaptuk, a végelelemmódszer módszer imperfekciójának skálázási tényezőjét ez alapján állapítottuk meg. Mértünk radiális ütest, körköröségtől való eltérést és egyéb geometriai méreteket, amelyek alapján állapítottuk meg a skálázási faktort.

A maximális alakító erő, aminél bekövetkezik a kihajlás a lokális maximumhoz tartozik és mintegy 5568 N, a vonatkozó elmozdulás (alakítási hossz) pedig 0,442 mm. Megjegyzendő, hogy a 4. ábrán látható alakok nem a kihajlás pillanatában lettek kirajzolva, hanem a szemléltetés céljából jóval később. Egyéb jellegű, tűrésmezőn belüli megzavarásoknál azt tapasztaltuk, hogy a kritikus erő ehhez az értékhez képest mintegy ± 12 -14%-os eltérést mutat. Ugyanakkor tökéletes geometria modellezésénél a maximális terhelés jóval nagyobb értékűre adódott. Illetve fontos kiemelni, hogy kétdimenziós forgásszimmetrikus modellt választva a kihajlott alak forgásszimmetrikus – ilyenkor a tömeggyártás során nem lehet találkozni, tehát a stabilitásvesztés modellezésénél sem fordítunk rá a továbbiakban figyelmet, azonban az alakítóerő közelítéséhez használható.

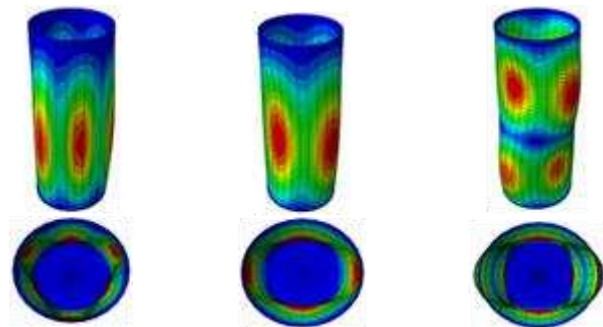


5. ábra: Egy tipikus, szimulációs úton felvett erő-elmozdulás diagram

3. A TALPAS PALACK

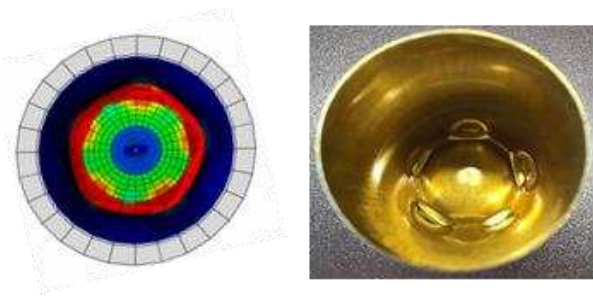
A soron következő szimuláció tárgya az Ø45x134 mm-es palack volt. Itt a fenékrész már nincs levágva, meghagytuk a hátrafolytatás utáni állapotban. Az érintkezés az alsó megtámasztással sík felület mentén történhet. A feladatban tehát megjelenik egy erős nemlinearitás típus, a kontakt. A megoldás lépései egyeznek az előzőekkel.

A 6. ábrán megfigyelhetjük, hogy a talprész meghagyása teljesen eltérő sajátalakokat eredményezett, mint korábban. Ez az alsó rész merevítő hatásának tudható be.



6. ábra: Sajátalakok, amennyiben az alsó rész nincs levágva

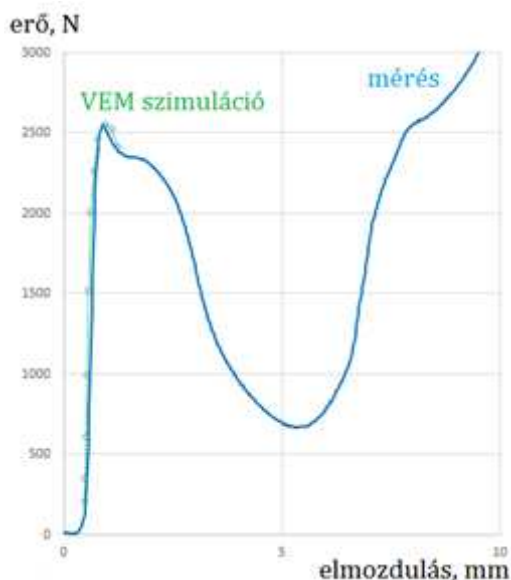
Visszatérve az Ø45x134-es palackokhoz, kihajlással kapcsolatban az előző feladathoz képest jelentős eltérés, hogy a stabilitásvesztés utáni alak mindig a 7. ábrán látható helyen adódott. Azaz a különböző megzavarásoknak nem volt látható hatása. A kritikus erő is igen hasonlóan alakult a különböző futtatások során (8. ábra), az eltérések minimálisak voltak. Vagyis megállapítható, hogy ez a geometria a talp miatt nem érzékeny a geometriai imperfekciókra. Ezzel együtt a kritikus terhelő erő érezhetően lecsökkent a levágott aljú palackhoz képest, mintegy 2613 N-ra, amit 0,55 mm-es elmozdulásnál lehetett tapasztalni.



7. ábra: A szimulációkkal kapott kihajlás utáni alak és a kísérleti eredmények

Az elvégzett szimulációkat mérésekkel is összevetettük, ezek eredményei is láthatók a 8. ábrán.

Az elkészített hálót konvergencia vizsgálatnak is alávetettük, hogy megállapítsuk az eredmények használhatóságát (főként a feladat hibaanalíziséhez). Ebben az esetben egy finomabb hálót és másodfokú közelítést is vettünk, a reakcióerő jelentősen nem változott. Nyilván a szimulációk futtatása a stabilitásvesztéssel járó limitpont megtalálásáig lesz érdekes a későbbi szimulációs feladat szempontjából, az utána lévő szakasz (post-buckling) számunkra jelenleg nem releváns.



8. ábra: A mérés és a szimulációk összevetése

További fontos észrevétel a mérések során, hogy a lakkozott és lakkozatlan palackok, azaz a bevonathőkezelt és a bevonatlan-hőkezetlen palackok roppantóerői és stabilitásvesztése között nem volt jelentős eltérés. Ebből arra is következtethetünk, hogy a hátrafolytatás során kialakuló kezdeti feszültségállapot hatása minimális a palack stabilitásvesztésére. Fontos azonban megjegyeznünk, hogy az alakítóerőre a lakkozás hatása a súrlódási tényezőn, és ezáltal a kontakt egyenletekben bekövetkező változáson keresztül jelentkezik.

Ezen lépések után a modell paramétereinek kalibrálása megtörténik, a későbbi, gyártási fázisok vizsgálata a felvett input adatokkal megkezdődhet.

4. ÖSSZEGZÉS

A dolgozat Al99.5 anyagú alumínium csomagolópalackok kezdeti alakadási lépéseinek stabilitásvesztési problémájával foglalkozott. Az aeroszolos palackok talpas és talp nélküli, továbbá lakkozott és lakkozatlan, hátrafolytatás utáni alakítási lépését vizsgáltuk végeelem módszer segítségével. Héjmodelleket és a Riks módszert használtunk a numerikus modell elkészítéséhez. Az alakhibák hatásának vizsgálatához előállítottunk néhány jellemző lengésképet, majd ezek alapján a tökéletes geometriát megzavarva kiszámítottuk a roppantóerőket, azaz a stabilitásvesztéshez tartozó reakcióerőket. Vizsgáltuk különböző paraméterek hatását is, mint például az alaki hibák, az anyagjellemzők avagy a lakkozás, és ezzel együtt a kezdeti feszültségi állapot hatását is. A vizsgált palackokon fizikai kísérleteket is végeztünk a számítások verifikálására. A nyert tapasztalatokat az alakadás többi lépésében tudjuk felhasználni a palackok alakítási határállapotának, és ezzel a legyártható formavilág határainak megállapítására és az alakítóerők számításához.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

"A cikkben/előadásban/tanulmányban ismertetett kutató munka az EFOP-3.6.1-16-2016-00011 jelű „Fiatalodó és Megújuló Egyetem – Innovatív Tudásváros – a Miskolci Egyetem intelligens szakosodást szolgáló intézményi fejlesztése” projekt részeként – a Széchenyi 2020 keretében – az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg."

HIVATKOZÁSOK

- [1] W.T. Koiter (1970). The Stability of Elastic Equilibrium. PhD értekezés, Technische Hooge School at Delft, Delft.
- [2] K.T. Hautala (2003). Buckling reduction factors of stainless steel shell structures. Steel Construction Institute.
- [3] Prabu B., N. Bujjibabu, S. Saravanan, A. Venkatraman (2007). Effect of a dent of different sizes and angles of inclination on buckling strength of a short stainless steel cylindrical shell subjected to uniform axial compression. *Advances in Structural Engineering*, 10(5): 581-591
- [4] B. Prabu, A.V. Raviprakash A. Venkatraman (2009). Neighborhood effect of two short dents on buckling behavior of thin short stainless steel cylindrical shells. *International Journal of Computer Aided Engineering & Technology*, 12.
- [5] P. Bala, A.V. Raviprakash, N. Rathinam (2010). Parametric study on buckling behaviour of thin stainless steel cylindrical shells for circular dent dimensional variations under uniform axial compression. *International Journal of Engineering, Science and Technology*, 2(4), 134-149.
- [6] D.A. Sawant, M.A. Venkatesh (2016). Buckling and crushing analysis of cylindrical aluminium cans & optimizing the parameters effecting crush strength using fem. *International Research Journal of Engineering and Technology*, 3(6): 3081-3085.
- [7] V. Hegadekatte, Y. Shi (2011). Buckling of beverage cans under axial loading. *Simulia India Regional Users Meeting*.
- [8] F. Belblidia, N. Corft, S.J. Hardy, V. Shakespeare, R. Chambers (2013). Simulation based aerosol can design under pressure and buckling loads and comparison with experimental trials. *Materials and Design*, 52: 214-224.
- [9] F. Belblidia, N. Corft, S.J. Hardy, D.C. Bould, J. Sienz (2014). Aerosol cans under pressure and buckling loads. *Sustainable Design and Manufacturing*, 1, 13-17.

- [10] S.J. Hardy, R. Abdusslam (2007). Finite element modelling of the manufacturing process for aluminium aerosol cans. *Journal of materials: Design and Applications*, 221(4), 265-274.
- [11] E. Ceretti, A. Attanasio, A. Fiorentino, L. Giorleo, C. Giardini (2013). Aluminium can shaping by hydroforming: simulative feasibility study and prototype production. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 68, 1797-1807.
- [12] L.F. Folle, S.E.S. Netto, L. Schaeffer (2008). Analysis of the manufacturing process of beverage cans using aluminum alloy. *Journal of Material Processing Technology*, 205, 347-352.
- [13] E. Ceretti, C. Giardini, A. Attanasio (2005). Comparison between simulative and experimental results of necking operations on aluminium can. *Archive of IRIS*, 12.
- [14] T. Chen (2014). On Introducing Imperfection in the Non-Linear Analysis of Buckling of Thin Shell Structures. Delft University of Technology Delft, the Netherlands.
- [15] Gönczi, D., Baksa, A., Kiss, L. P.(2019): Alumínium palackok nyakazási lépéseinek és stabilitásvesztésének modellezési sajátosságai. *Multidiszciplináris Tudományok*, 9(2), 56-63.