



Kertész József\* – Dr. Kovács Tünde Anna\*\*

# Gépjárművek ütközésbiztonsági megbízhatóságának alakulása a járművek korának előrehaladtával

Az autógyártók egy új modell piaci bevezetése előtt szigorú töréstudatokkal kell, hogy bizonyítsák termékekük ütközésbiztonsági megfelelőségét. Jogosan merül fel azonban a kérdés, hogy ezt a minősítést a jármű meddig képes teljesíteni és, hogy a jármű korának előrehaladása milyen hatással van az ütközésbiztonsági megbízhatóságára. A közlekedésbiztonságot nemcsak az új járművek fejlesztésével növelhetjük, hanem a közlekedésben már részt vevő, akár idős járművek karbantartott állapotának folyamatos fenntartásával is. Hiszen a jármű szerkezeti integritása és ütközéssel szembeni ellenálló képessége nagymértékben függ a karosszériaelemek korródáltsági mértékétől. Passzív biztonsági szempontból a korrózió és következményei globális jelentőségű tényezők, emiatt ki-

emelt figyelmet kell fordítani ezek minősítésére és elemzésére. A szerkezeti korrózió – ütközéssel szembeni ellenálló képessége – nemcsak az ütközésbiztonságra, hanem a jármű közlekedésbiztonsági megbízhatóságára is hatást gyakorolhat. Egy megfelelő műszaki állapotú futómű és kormánymű sem tekinthető közlekedésbiztonsági szempontból megbízhatónak, ha egy korróziótól meggyengült karosszériához csatlakoznak, hiszen a dinamikus mozgásból létrejövő reakcióerők kialakulását csökkentheti. Ezek az igénybevételek terepviszonyok között közlekedő honvédségi járművek esetén még intenzívebbek, vagyis a jármű terepre vonatkoztatott teljesítőképessége csökkenhet egy elöregedésből származó karosszéria-szerkezeti gyengülés miatt is. Magyarországi viszonylatban kiemelt

**ÖSSZEFOGLALÁS:** A gépjárműközlekedést a kezdetektől végig kísérte a biztonság igénye. A felhasználók a gazdaságosság és a hosszú távú megbízhatóság mellett a közlekedésbiztonságot is fontos követelménynek tartják járműveik megválasztásakor. Jelen tanulmány ezen műszaki megbízhatóság és biztonság összefüggéseit vizsgálja a jármű élettartamára vonatkozóan, kiemelt figyelmet fordítva a korrózió okozta biztonsági kockázatokra. Különösen fontos téma ez a honvédség szempontjából, hiszen a járművek megbízhatósága egyértelműen meghatározzák a teljes katonai rendszer megbízhatóságát és kiszámíthatóságát.

**ABSTRACT:** From the beginning, motor traffic was accompanied by a need for safety. In addition to economy and long-term reliability, users also consider road safety to be an important consideration when choosing their vehicles. The present study examines the relationship between this reliability and safety over the life of a vehicle, with a particular focus on the safety risks posed by corrosion. This is a particularly important issue for the military, as the reliability status of their vehicles clearly determines the reliability and predictability of the entire system.

**KULCSSZAVAK:** megbízhatóság, korrózió, élettartam, közlekedésbiztonság

**KEY WORDS:** reliability, corrosion, service life, traffic safety

\* Oktató, Debreceni Egyetem Műszaki Kar, Légi és -közúti járművek Tanszék; Óbudai Egyetem Biztonságtudományi Doktori Iskola, doktorandusz. ORCID 0000-0001-9544-3135

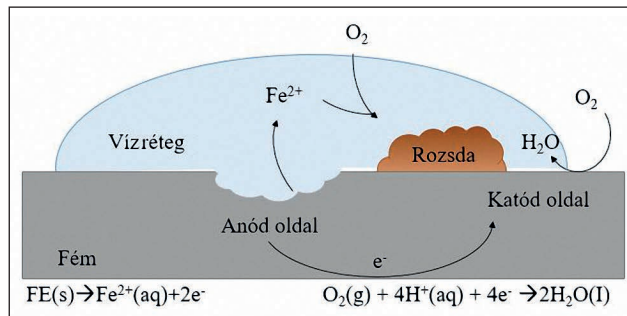
\*\* PhD, tanszékvezető, docens, Anyag- és Gyártástudományi Intézet, Anyagtudományi Intézeti Tanszék Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar. ORCID 0000-0002-5867-5882



figyelmet kell fordítani ezen problémakör elemzésére, hiszen a honvédség járműállományának életkora meglehetősen magasnak tekinthető. Az eszközök életkora pedig közvetlen összefüggést mutat a korrózió okozta karosszéria-problémákkal és ezáltal a jármű műszaki megbízhatóságával. A Magyar Honvédség 2018-ban lecserélte a személyautó flottája jelentős részét. Az új típusok rendszeresítési követelményeként meghatározták a rendszerben tartási időtartamot, és az elérendő km-telítettséget is.

A Magyar Honvédség számára központosított közbeszerzés hatálya alá tartozó közúti járműkategóriában jelentősebb mennyiségű gépjárműbeszerzésére, a 2018-as évt megelőzően több mint húsz évvel, 1996 és 2001 között került sor. [1] Ez sem környezetvédelmi, sem közlekedésbiztonsági tekintetben nem előnyös, ráadásul a statisztikai elemzések gyakran azt is egyértelműen kimutatják, hogy egy idősebb gépjármű ritkán részesül márkaszerviz minőségű karbantartásban és javításban. A márkaszerviz-szolgáltatás nem is képezte korábban az MH fenntartási rendszerének elemét, a feladatra a csapatszintű javítószerveket szerelték és készítették fel. Csak később, a csapatjavító képességek leépítése hozta be az MH fenntartási rendszerébe a márkaszerviz-szolgáltatást. A hosszú távú karbantartás részbeni vagy teljes hiánya a közlekedési eszköz általános és ütközésbiztonsági megbízhatóságára is egyértelműen hatással van.

A járműveken fellépő korrózió a közlekedésbiztonságot veszélyeztető probléma, hiszen hatással van a karosszéria szerkezeti merevségére. Ráadásul annak ellenére, hogy a honvédségi járművek egy jelentős része nincs napi használatban, még számolnunk kell azok korrózióra visszavezethető szerkezeti gyengülésére. Műszaki szempontból megkülönböztethetünk felszíni és szerkezeti korróziót. Előbbinél a felszíni karosszériaelemeken (sárvédők, ajtók) helyi fényezési sérülés (mély karc, festéklepergés) miatt alakul ki a korrózió. Ebben a stádiumban kizárólag esztétikai problémákat vet fel a rozsdásodás. A lokális felszíni korróziók elhanyagolása azonban a teljes anyagvastagságban megjelenhet, és átterjedhet a jármű teherviselő szerkezeti egységeire is, amely már egyértelműen hatással van a jármű szerkezeti merevségére. A járművek életkorának előrehaladtával ezeknek a korrodált elemeknek a száma és kiterjedése egyre nagyobb, amelynek várható eredménye,



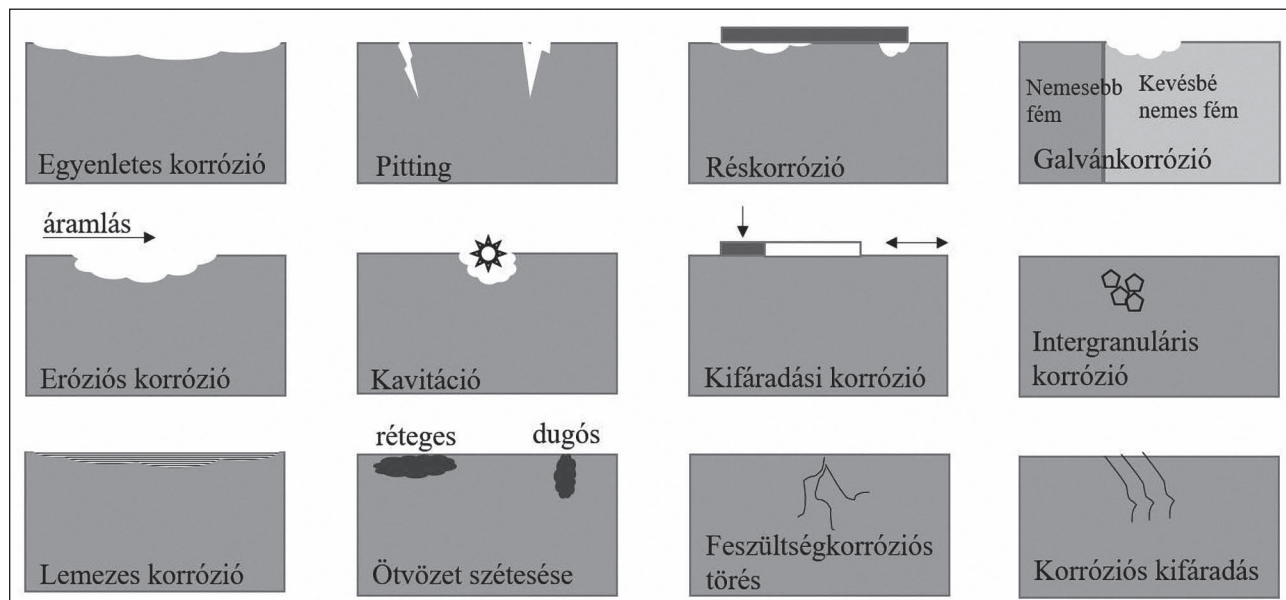
2. ábra. Az elektronátadás folyamata [2]

hogy a jármű a gyártói ütközésbiztonsági értékeket már nem tudja teljesíteni. A járművek korrózióra visszavezethető megbízhatósági problémakörének vizsgálata a legkorábbi járművek tekintetében szükségtelemmé válik. Ennek oka, hogy a tömegoptimalizáció miatt a hagyományos acél – mint szerkezeti anyag – alkalmazása teljesen megszűnni látszik, és helyét a könnyűfémek és a szálerezősítő kompozitanyagok veszik át. Azonban ezen alternatív anyagok esetében is számolunk kell bizonyos fokú korrózió jelenségével. A megbízhatóságot vizsgálva azonban nemcsak a karosszériaelemekhez alkalmazott anyagok típusait kell figyelembe venni, hanem az azokat rögzítő elemeket is, hiszen a könnyűfémek nagyarányú alkalmazása ellenére is számolnunk kell a kontaktkorrózió problémájával.

### KORRÓZIÓ

A korrózió egy, a környezeti hatások által előidézett természetes, spontán folyamat, amely során az anyag alacsonyabb energiaállapot elérésére törekszik. Az acélok esetében ez az alacsony energiaszintű megjelenési forma a vasérc (vasoxid), a magasabb energiaszintű megjelenése pedig az acéltermékek. Természetes folyamat lévén, a korróziót nem lehet elkerülni, kizárólag annak sebességét egy kívánt, a felhasználás szempontjából még elfogadható szintre csökkenteni. A korróziós folyamat végén az anyag minősége megváltozik, legtöbbször kritikus mértékben

3. ábra. A korrózió megjelenési formái [2]



romlik. Felületről indul ki a folyamat és úgynevezett tömbfázis felé halad, míg végül a termék teljes vastagságára kiterjed, annak geometriája megváltozik, végső stádiumában megszűnik. Hosszú távú megbízhatóság elemzése kapcsán nemcsak kémiai, hanem elektrokémiai, átmeneti és fizikai korrózió jelenségét is feltételeznünk kell. Kémiai korrózió esetén az elektronátlépéssel járó oxidációs és redukációs folyamatok térben nem különülnek el, hanem molekuláris méreten belül zajlanak le. Elektrokémiai korrózió esetén azonban ezek az elektronátlépések már térben különülnek, és a molekuláris méreten kívül játszódnak le. [2] [3] [4] [5] Ezt a folyamatot szemlélteti a 2. ábra.

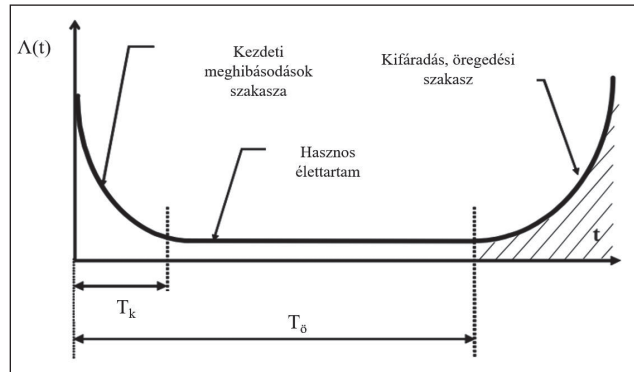
A tanulmány elsősorban az úgynevezett egyenletes felületi korrózió okozta megbízhatósági csökkenésre fókuszál, azonban a teljes körű elemzéshez figyelembe kell venni a korrózió további megjelenési formáit is. A gépjárművek komplex rendszereknek tekinthetők a felhasznált anyagok, az egyes elemek kialakítása, és az egyes elemek kialakítása és kapcsolatok alapján. Ezért a következőkben felsorolt megjelenési formák szinte mindegyike megjelenik a jármű élettartama során. Sőt, a fáradási ciklusban ezek a korróziós formák egyre sűrűbben és gyakran, egyidejűleg több formában és kombinációban is megjelenhetnek, így módon azonban hatványozottan hozzájárulnak a megbízhatóság csökkenéséhez. A korrózió további megjelenési formáit szemlélteti a 3. ábra.

### A MŰSZAKI MEGBÍZHATÓSÁG ÉS A TARTÓSSÁG ÉRTELMEZÉSE

A megbízhatóság-elmélet egy komplex tudományterület, amely a meghibásodási folyamatok mögötti törvényszerűségekkel, a megbízhatóság számszerű értékeinek és jellemzőinek meghatározásával foglalkozik. A megbízhatóság-elmélet további célja, hogy meghatározza a megbízhatóság növelésének lehetőségeit. A megbízhatóság műszaki szempontból a hibamentes működés valószínűségével fejezhető ki. A tudományterület fejlődésével beigazolódott, hogy a megbízhatóság – mint a műszaki életben gyakran használt fogalom – magába foglalja a hibamentesség, a tartósság, a javíthatóság és tárolhatóság fogalmát is. Ennek oka, hogy a felhasználók (jelen esetében a járművet használók) nemcsak az adott időtartam alatti hibamentes működést követelik meg a rendszertől, hanem azt is, hogy az adott eszköz vagy rendszer az előírásnak megfelelő karbantartás, üzemeltetés és javítások mellett tartós és megbízható legyen. [6] Műszaki megbízhatósági szempontból tehát a felhasználó a tartósságot fontos kritériumnak tekinti az általa megvásárolni és használni kívánt termékekkel kapcsolatban. A gyártók évről évre – sőt, gyakran egy éven belül is – új modellt vezetnek be, és kedvező finanszírozási eszközök bevetésével arra ösztönzik a felhasználókat, hogy legfeljebb 2–3 év használat után cseréljék le a terméket egy újabb modellre. E tekintetben azonban megkérdőjeleződik a tartósság fontossága, hiszen egy termék tartóssága hosszú távon az újabb termék iránti keresletre negatívan is hathat. Ezért manapság a tartósság kérdése inkább a másod- és harmadpiaci felhasználásnál válik ismét értelmezhetővé. Ez a fogyasztói társadalomra jellemző attitűd azonban a haditechnikai eszközök esetében nem jellemző, hiszen azok rendszerben tartását évtizedekre tervezik.

### A LEGGYENGÉBB LÁNCSZEM

Egy rendszer megbízhatósága az alkotóelemeinek megbízhatóságától, és az elemek egymással való kapcsolatától függ. Ez alapján kijelenthető, hogy egy jármű szerkezeti

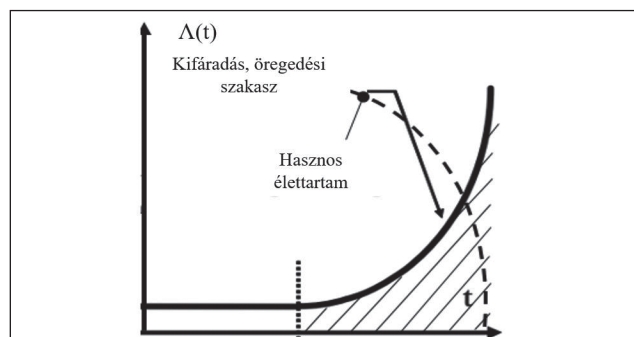


4. ábra. A meghibásodási tényező időbeli alakulása (A szerzők szerkesztése)

merevségét az abba beépített leggyengébb elem megbízhatósága és állapota határozza meg, ezért ezt a leggyengébb láncszem effektusnak is nevezhetjük. Ez a hatás azonban a teljes szerkezeti rendszer szintjén értelmezhető, hiszen a honvédség mobilitásának megbízhatóságát a járműflotta megbízhatósága határozza meg. Ezen felül figyelembe kell vennünk a megbízhatóságot befolyásoló rendszerjellemzőket. Ilyen jellemző például a rendszer struktúrája (soros, párhuzamos, redundáns) és a rendszer üzemmódja, amely szerint megkülönböztetünk folyamatos, időszakos és alkalmanként működő rendszert. [7] Jelen esetben egy korróziótól elgyengült karosszériaelem a jármű szerkezeti merevségét és teherhordó képességét is meghatározza, ezért tekinthetünk úgy a rendszerünkre, mint egy folyamatos üzemmódú rendszerre. Ugyanakkor biztonsági feladatát az útközés pillanatában fejt ki, ez alapján viszont eseti, vagy más néven alkalmankénti működésről kell beszélnünk. A tanulmányhoz leginkább kapcsolódó – a megbízhatóságot befolyásoló rendszerjellemző – a meghibásodási (korrózió okozta szerkezeti gyengülés) valószínűség és az átlagos működési idő. Ezért tekintem ezeket a tényezőket a legfontosabb rendszerjellemzőknek, mert a kor előre haladtával egyre nagyobb valószínűséggel és egyre nagyobb mértékben kell számolnunk járműveink esetében a korrózió okozta szerkezeti merevség veszteségre. Ez azt jelenti, hogy a korrózió, mint meghibásodási tényező az idő függvényében nem tekinthető állandónak, ezért az ún. „fürdőkádgörbe” kifáradási, öregedési szakaszának jellemzőivel definiálható.

Az 4. ábra alapján egy termék élettartamában lehetséges meghibásodások előfordulásának valószínűsége három szakaszra bontható. A kezdeti meghibásodások a  $T_k$  szakaszban csökkenő tendenciát mutatnak, amelyet egy időben stacioner meghibásodási gyakoriság követ. [6] Végül a

5. ábra. A megbízhatóság alakulása a kifáradási szakaszban (A szerzők szerkesztése)



tanulmány szempontjából fontos szakasz a kifáradási, öregedési szakasz következik, ahol a gyakoriság emelkedő karakterisztikával növekszik, és ugyanilyen tendenciával csökken a jármű megbízhatósága ütközésbiztonsági szempontból. Ezt mutatja meg a 5. ábra.

### A KAROSSZÉRIA-KORRÓZIÓ OKAI

A korrózióknak számos megjelenési formáját különböztethetjük meg a gépjárművek esetében, amelyek keletkezésük módja és előfordulási helye alapján jellemezhetők. Általános gyakorlatban a korrózió a futómű, a hajtáslánc és a hűtrendszer elemein is gyakran megjelenik, azonban a tanulmány elsősorban a karosszériaelemek korrodációs hatását vizsgálja, és von le következtetést a jármű passzív biztonsági megbízhatóságáról, az élettartam függvényében. Számos tényező befolyásolja a járművek korróziójának előfordulását, amelyek a járműtervezés folyamatához, a gyártási folyamathoz, valamint a felhasználási körülményekhez kapcsolódnak.

### TERVEZÉSI SZEMPONTOK

Előfordul, hogy egy jármű tervezése során rossz tervezési megoldást alkalmaznak a konstruktőrök és ez eredményezheti azt, hogy korrózió jelenik meg a járművön annak használata során. [7] A korrózióvédelem a járműgyártás során szabványokkal irányított eljárás, amelyet a gyártónak kötelessége teljesíteni. Hiszen annak érdekében, hogy a jármű a lehető leghosszabb ideig használható legyen, korrózióálló fémek, vagy bevonatok használatát teszik szükségessé. Emellett fontos a különböző fémek közvetlen érintkezésének elkerülése, és a megfelelő alapozó és festéktípusok megválasztása. Napjainkra általánossá vált a jármű teljes szerkezetére kiterjedő védőfestékek felhordása, és az alváz és a kerékjáratok ívek speciális bevonatolása. A cél minden esetben, hogy elkerüljék az acél nedvességgel (a páratartalmat is idesorolva) történő kapcsolatát. Felhasználás során azonban a felcsapódó kövek mechanikai sérülést okozhatnak a fényezésen, megbontva ezzel a védőréteg integritását. A járművek eladhatóságát nagymértékben meghatározza az esztétikai megjelenésük. A különleges formatervezés pedig eredményezhet olyan karosszéria-kialakításokat, amelyeknél a sár és a szennyeződés lerakódik, elindítva ezzel egy bomlási folyamatot. A mezőgazdasági és katonai járművek esetében azonban a funkcionalitás felülírja az esztétikai, valamint a szennyeződés, illetve a lerakódás mentes szempontú tervezést.

### GYÁRTÁSI FOLYAMATOK

Egy helyesen megtervezett karosszéria esetében is előfordulhat, hogy a rosszul megválasztott, vagy alacsony gyártási minőség negatívan hat a jármű hosszú távú megbízhatóságára. [7] A gyártási ciklus számos lépésből áll, amelyek különösen fontosak a jármű korrózióvédelme szempontjából. Ilyen technológiai kérdés például a hegesztés minősége és típusa, a felület-előkészítés minősége, hiszen ezek magukkal vonják a lehetséges repedések kialakulását, amelyekből korrózió indulhat el. Nem megfelelő minőségű illesztéseknél, hibás tömítéseknel a nedvesség a többrétegű karosszériaelemek belsejébe szívárogthat, amely szintén eredményezhet belső oxidációs folyamatot. [8] [9]

### ÜZEMELTETÉSI KÖRÜLMÉNYEK, KARBANTARTÁS

A környezeti és légköri viszonyok nagymértékben meghatározzák a jármű korrózió-ellenálló képességét annak élettartama során. A magas páratartalom, a savaseső, az útszóró sók és folyadékok mind hozzájárulnak a karosszéria védőrétegének megbontásához, majd a szerkezeti elemek korrodációjához. Ennél a problémaforrásnál azonban nagymértékben szerepet játszik a felhasználó által végzett tisztítások és karbantartások jelentősége. A síkosságmentesítő sőtől, sártól megtisztított járművet sokkal nagyobb élettartam-megbízhatóság jellemzi, mint egy elhanyagolt példányt. [10] A honvédségi járműflotta tekintetében az üzemeltetési körülmények fontos értékelési szempontok, hiszen az off-road környezetben történő közlekedés segíti a korróziós folyamatok megindulását. A nehéz terepen történő közlekedés a járművek alvázán fizikai sérüléseket okozhat, amelyek mint korróziós trigger pontok maradnak meg a szerkezeten. A sáros, poros környezetben történő üzemeltetés pedig a tervezési szempontoknál már említett hosszú távú szennyeződés lerakódását is eredményezheti, ahol a nedves-sáros közeg szintén megbonthatja a szerkezet egységét.

### VESZÉLYELEMZŐ MÓDSZEREK

Egy részlegesen vagy teljes mértékben korrodált karosszériaelem hatással van a gépjármű ütközésbiztonságára, ezáltal veszélyeztetheti a járműben utazók testi épségét, hiszen baleset esetén nem képes funkciójának maradéktalan teljesítésére. A veszélyeztetés mértékének meghatározásához az alábbi felsorolásban szereplő analízis módszereket alkalmazhatjuk:

- Hibamód- és hatáselemzés (FMEA – németül Fehlermöglichkeiten und Einflusanalyse; angolul: Failure Mode and Effects Analysis)
- Hibamód, -hatás és kritikusságelemzés (FMECA – Failure Mode, Effects, and Criticality Analysis)
- Veszély- és működőképesség-elemzés (HAZOP – HAZard and OPerability)
- Eseményfa-elemzés (ETA – Event tree analysis)
- Hibafaelemzés (FTA – Fault Tree Analysis)

Hibamód- és hatáselemzés esetén az elemzés elvégezhető hardver elemekre vagy a funkciókra vonatkoztatva is. Az elemzés alapja a lehetséges hibamódok a feltételezése, majd ezek hatásának meghatározása. Ez természetesen vonatkozhat egy adott egységre és a teljes rendszerre is. Az elemzés figyelembe veszi a rendszer valamennyi elemének/funkciójának valamennyi lehetséges hibamódját. Az FMEA kiválóan alkalmas az egyes szinteken az elemzés finomítására, ezért alkalmas veszélyelemzési módszer a karosszériaelemek korrodációjára vonatkozóan, hiszen vizsgálat alá vonható az anyagminőség és a szerkezet fáradásának hatása az utasok biztonságára. [11]

Az FMEA-elemzés kiterjeszhető az elemek meghibásodásának kiemelt figyelembevételére, továbbá vizsgálja az egyes hibák következményeit, a jelentkező hibák gyakoriságát és valószínűségét is. Így ez a fajta elemzés meghatározza egy rendszer azon részeit, amelyekben a hibák a leginkább kritikusnak tekinthetők. [12]

A veszély- és működőképesség-elemzés úgynevezett „guide words” – „mi történik, ha...” típusú kérdésekre adott válaszokkal határozza meg a normál működéstől történő eltéréseket, és azok hatásait. A HAZOP-elemzés kimondottan alkalmas a paraméterváltozások, és az előírt tarto-

mányokból történő kilépések biztonságra gyakorolt hatásának vizsgálatára.

Az eseményfa (ETA-) elemzés esetén a referenciapont egy olyan esemény, amely hatással lehet a rendszerre. Ennél az elemzési megoldásnál a kiinduló esemény hatását kombinálják minden olyan esemény hatásával, amely a rendszer működése szempontjából releváns lehet. A hatást hibás és normál működésre is vizsgálják az ETA esetében. Gyakorlati alkalmazását tekintve leginkább olyan komplex esetekben hasznos, amikor az eredmény nem határozható meg egyértelműen.

Az ETA-elemzés inverz módját használja az FTA-, vagyis a hibafa elemzés. FTA esetében egy úgynevezett csúcseseményből indulnak ki, és visszafelé haladva határozzák meg a veszélyeztető hatású eseményt kiváltó elemi eseményeket. Fontos megemlíteni, hogy a hibafában csak azok az események szerepelnek, amelyek veszélyeztető hatásúak, így az FTA-struktúra jóval egyszerűbb lehet, mint az ETA-struktúra. Leggyakrabban biztonsági felelősségű rendszerek megbízhatóságának elemzésére használják. Segítségével meghatározható a csúcsesemények és az elemi események logikai kapcsolata, meghatározható a csúcsesemények bekövetkezési valószínűsége, és a hibatűrő képesség. [13]

### JÓ ÁLLAPOT

Egy vizsgált rendszer – megbízhatósági szempontból vett – jó állapota meghibásodások, zavarok vagy hibák miatt szűnhet meg. Ezeket a hibákat több szempont szerint csoportosíthatjuk, az alábbiakban a megkülönböztetés az

okok szerint történt. Ezeket az okokat a 1. táblázat foglalja össze. [7]

### A LEMEZVASTAGSÁG HATÁSA A MEGBÍZHATÓSÁGRA

Az előzőekben felsoroltak tehát közvetve vagy közvetlenül, de hosszú távon a karosszéria biztonságának csökkenését eredményezik, vagyis műszaki szempontból meghibásodást hoznak létre. A korrodáció a karosszériaelemek teljes rétegvastagságában is elterjedhet, vagyis a tervezés során, a méretezéshez alapul vett lemezzvastagság már nem áll rendelkezésre. Egy teljes átrozdásodás esetén tehát, a lemezzvastagság tényleges értéke már a meg nem engedett mértékben eltér a szükségesétől. Ezt matematikailag a következő összefüggéssel fejezhetjük ki: [7]

$$\Delta x = |x_{szük} - x_{tény}| \geq \varepsilon = \Delta x_{eng} = \Delta x_{max} \quad (1)$$

A karosszéria lemezzvastagságban ezek az eltérések egyértelműen kifejezhetők. Amennyiben a vizsgált elem funkcióját a nagymértékű rétegvastagság-csökkenés miatt már nem képes ellátni, akkor azt az értéket már meg nem engedett hibának nevezzük. Ezzel a rétegvastagsági hibagenerálással foglalkoznak Golubović és társai. [15] Tanulmányuk célja, hogy végeeselemes vizsgálatokkal igazolják a korrózió káros hatását. Ahogy a valóságban a korrózió, így ők is a karosszériaelem lemezzvastagságát csökkentették. A gyakorlatban a korrózió általában lokális előfordulású, és ritkán érint egy karosszériaelemet teljes terjedelmében, ezért az anyaggyengítést érdemes kitüntetett helyeken, lokalizáltan elvégezni. A tanulmány 0, 20 és 30 éves távlat-

1. táblázat. Hibák csoportosítása (A szerzők szerkesztése)

FIZIKAI HATÁSOKRA VISSZAVEZETHETŐ HIBÁK		
A hiba oka	A hiba jellege	A hiba következménye
Alkatrész-meghibásodás	Élettartamból adódó fáradásos törés.	Szerkezetépség megszűnik, a töret felszínén az oxidáció megjelenik.
Konstrukciós hiba	Sár és egyéb szennyeződések lerakódása szűk helyeken.	A karosszéria védőrétegének megbomlása, felszíni majd rétegzett korrózió megjelenése.
Gyártástechnikai pontatlanság	Illesztési és tömítési pontatlanságok; a nedvesség a karosszéria belsejébe való szivárgását eredményezheti.	A beszivárgott nedvesség a karosszéria-elemet belülről kezdi bontani. (Sokáig észrevétlen).
Túlterhelés okozta deformáció	Az egyes lemezzrétegek deformációja eltérő, a hegesztések, ragasztások, forrasztások sérülhetnek, törhetnek.	A karosszéria szerkezeti épsége megbomlik, a sérült kötések további repedéseket, és nedvességtől való korrodációt eredményezhetnek.
Emberi hatásokra visszavezethető hibák		
Tárolási hiba	Szélsőséges időjárási körülménynek kitétt karosszéria a tömítések, illesztések hibáját eredményezheti.	A beszivárgott nedvesség a karosszéria-elemet belülről kezdi bontani. (Sokáig észrevétlen).
Fenntartási hiba	Tisztítás, karbantartás hiánya miatt a szennyeződés a karosszériaelemek festék- és bevonatrégeit megtámadhatja.	A karosszéria védőrétegének megbomlása felszíni, majd rétegzett korrózió megjelenése.
Kémiai hatásokra visszavezethető hibák		
Savaseső	A savaseső a jármű festékbevonat rétegeit feloldhatja, a gumitömítések sérülhetnek.	A védőréteg nélküli fémfelület, majd a rétegzett korróziója.
Jégeső	Mechanikai sérülések megjelenése a karosszérián.	Az egységes festék/védőréteg megszűnik, a fém oxidációja megkezdődik.
Útszóró só/folyadék	Kémiai reakciókra visszavezethető sérülések megjelenése a karosszérián.	Az egységes festék/védőréteg megszűnik, a fém oxidációja megkezdődik.



ban gyengült létravázkarosszériát vizsgált. Az évjáratokhoz tartozó falvastagságokat a 2. táblázat foglalja össze.

2. táblázat. Az alvázvastagság alakulása az idő múlásával [14]

Járműéletkor	Vizsgált alvázvastagság
0 év	8 mm
20 év	7,4 mm
30 év	6,5 mm

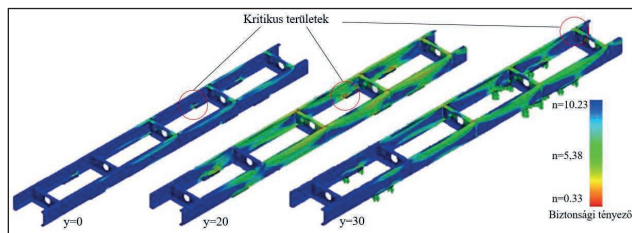
A szakirodalomból rendelkezésre álló empirikus adatok szerint a korróziós hatás mértéke évi 0,02 mm-es anyagcsökkenést jelent, és az összefüggés nem lineáris kapcsolatot mutat. Az idő előrehaladtával a csökkenés egyre jelentősebb. A jármű első 10 évében jelentős változás nem detektálható, köszönhetően a festékbevonat rétegeknek, azonban 20 évnél már 10–15%-os falvastagság csökkenés is előfordulhat. Ezek az adatok egy átlagos tendenciát írnak le, amelyet az 1. táblázatban felsorolt fizikai, emberi, kémiai hatások jelentősen befolyásolhatnak negatív irányba. A tanulmányban azonos terhelés alatt vizsgálták a korróziótól meggyengült karosszériát, és elemezték a feszültség és elmozdulás maximalizált értékeit. Eredményül szolgál, hogy 20 év távlatában 36%-os, míg a 30 éves konstrukciónál 50%-os biztonsági faktorcsökkenés volt tapasztalható. Ez azt jelenti, hogy a biztonsági tényező határértékét megközelítették, és amennyiben meghaladják azt, akkor már maradó deformációval is számolniuk kell. A maradó deformáció, vagy szerkezeti törés valószínűségével pedig hatványozottan számolni kell nehéz terepviszonyok között, ahol az alváz igénybevétele fokozódik. (6. ábra)

Természetesen a maximális értékek a korrodációs területeken ébredtek. Ezek az alváz teljes terjedelméhez képest lényegesen kisebb területek, azonban egy rendszer megbízhatósága az alkotóelemeinek megbízhatóságától és az elemek egymással való kapcsolatától függ. Ezért a korrodáció lokalizált módon sem megengedhető hosszú



6. ábra. RÁBA H25.206 terepjáró tehergépjármű mozgása nehéz terepviszonyok között [14]

7. ábra. Az alváz megbízhatóságának csökkenése 0, 20 és 30 év távlatában [15]



távon. [15] A 7. ábra egy alvázszerkezet biztonsági faktorának alakulását mutatja be 0, 20 és 30 év távlatában, azonos terhelés mellett.

## ÖSSZEĞEZÉS

A közlekedésbiztonságot veszélyeztető probléma a járműveken fellépő korrózió. A jármű fontos teherhordó részein fellépő korrózió csökkenti azok tervezett szilárdságát és merevségét, azaz a teherhordó és ütközési energia elnyelő képességét, ezáltal közvetlenül befolyásolja a közlekedésben résztvevő járművek biztonságát. A kritikus helyek felismerése minden szerkezetnél fontos, a karosszériára azonban egyébként kell tekintenünk, amelynek megbízhatósága a leggyengébb elem megbízhatóságától függ. Fontos hangsúlyozni, hogy a terhelés szempontjából kritikus helyek gyakran a korróziós hatás szempontjából is kritikusak, mint például a profilok közötti kapcsolatok (hegesztések, szegecsek, ékek, csavarok), függetlenül attól, hogy a profilok azonos anyagból készülnek-e vagy sem. A korrózió hatása miatt a hosszú távú megbízhatóság érdekében megoldás jelenthet a szerkezeti megerősítés, és a falvastagság növelése. Ez azonban ellentmond a tömegoptimalizáció igényének, ezért a megoldás védő- és konzerváló anyagok alkalmazásában, és a szilárdsítási kompozitok, valamint polimerek alkalmazásában keresendő. Ugyanakkor az alternatív anyagok esetében sem tekinthetünk el a korrózió problémájától, hiszen műanyagok és kerámiák esetében is előfordulhat jelenségről van szó. A közlekedésbiztonság optimalizációja és vizsgálata azonban nem koncentrálna kizárólag az új járművekre, a 20–30 éves eszközökkel is foglalkozni kell. Kiemelt jelentősége van a problémának a honvédségi járműflotta tekintetében, hiszen a járművek szerkezeti integritása egyértelműen befolyásolja a járművek ütközésbiztonságát, terhelhetőségét, és nehéz terepen történő teljesítőképességét. Ezen járművek ütközésbiztonságának és szerkezeti merevségének mértéke egyértelmű összefüggést mutat a korrózió, ezáltal a karosszériaelemek rétegvastagsága között. Ezért a járművek időszakos felülvizsgálata során rendkívül fontos, hogy ellenőrizzük a karosszériát szerkezeti integritás szempontjából, különös tekintettel a gyűrődő és teherviselő elemekre. A manapság fokozódó igénybevétel és üzemelési körülmények már megkövetelik a fiatalabb és modernbb szerkezeti anyagokból készült járműflotta alkalmazását. Ennek tett eleget a Magyar Honvédség, amikor személyautó flottája jelentős részét lecserélte, hiszen katonáink olyan korszerű eszközökkel történő ellátása szükséges, amelyek biztonságosak, megfelelnek a jogszabályi előírásoknak, és közlekedésbiztonsági szempontból (legyen szó nehéz terepről, vagy közútról) megbízhatóak. [14]

A jelen tanulmány rámutat arra, hogy a gépjárművek ütközésbiztonsági megbízhatóságának alakulása az élettartam előrehaladtával jelentősen csökken, a hosszú távú megbízhatóság azonban elérhető folyamatos állapotmegőrzés, és karbantartás mellett.

## HIVATKOZOTT IRODALOM

- [1] Király Péter, Szabados Péter: „Személygépjármű flottacsere a Magyar Honvédségben” *Katonai Logisztika* 2018. évi 1–2. szám pp. 167–193. DOI: 10.30583/2018/1-2/167;
- [2] Dr. Pátzay György, Dr. Kun Róbert, Dr. Mika László Tamás, „A korrózió jelensége és szerepe”, *Kémiai*

- technológia prezentáció, BME - Kémiai és Környezeti Folyamatmérnöki Tanszék;
- [3] C.M. Sonsino, „Consideration of salt-corrosion fatigue for lightweight design and proof of aluminium safety components in vehicle applications”, *International Journal of Fatigue* Volume 154, January 2022. DOI: 10.1016/j.ijfatigue.2021.106406;
- [4] W. Zhang, H. Yuan, „Corrosion fatigue effects on life estimation of deteriorated bridges under vehicle impacts”, *Engineering Structures*, Volume 71, 15 July 2014. p. 128–136. DOI: 10.1016/j.engstruct.2014.04.004;
- [5] Harry C. Muffley, „Evaluation of vehicle corrosion preventives”, 65-3305 *Technical report, Army Weapons Command Rock Island II Research Development and Engineering*, 1965;
- [6] Dr. Békési Bertold, „A megbízhatóság leggyakrabban használt mérőszámai” *Repüléstudományi Közlemények*, különszám, 2007.;
- [7] Farkas György, Héray Tibor, „Minőség és megbízhatóság”, (Széchenyi Egyetem, egyetemi jegyzet, 2006.);
- [8] C. Thomas Savell; et al., „Intelligent Agents for Corrosion Prevention in New Vehicle Design”, *CORROSION 2003.*, San Diego, California, March 2003.;
- [9] E Ghali, VS Sastri, M Elboudjaini, *Corrosion prevention and protection: practical solutions*, 2007.;
- [10] MH Nazari, X Shi, „Vehicle risks of winter road operations and best management practices”, *Department of Civil & Environmental Engineering*, Washington State University, Pullman, Wa99164-2910;
- [11] Ványi Gábor - *Gépjárműrendszerek megbízhatóság- és termékbiztonság szempontú előzetes kockázat elemzése*, (Óbudai Egyetem Biztonságtudományi Doktori Iskola, Doktori (PhD) értekezés), 2019.;
- [12] Christian Spreafico, Davide Russo, Caterina Rizzi, „A state-of-the-art review of FMEA/FMECA including patents”, *Computer Science Review*, Volume 25, August 2017. p. 19–28.;
- [13] Műszaki megbízhatóság egyetemi jegyzet (Elemzési módszerek) BME Közlekedés- és Járműirányítási Tanszék;
- [14] Vágner Szabolcs, „Terepjáró képesség fejlesztése a Magyar Honvédségben” *Katonai Logisztika* 2018. évi 1–2. szám pp. 194–227. DOI: 10.30583/2018/1-2/19;
- [15] Valentina Golubović-Bugarski, Snežana Petković, Gordana Globočki-Lakić, „The Effect of corrosion on a structural integrity and vehicle safety”, *MOBILITY & VEHICLE MECHANICS* DOI: 10.24874/mvm.2021.47.03.05.

Szerk.: Sallay Gergely

## Visszatért országrészek 1938–1941 Kézzelfogható hadtörténelem



A HM Hadtörténeti Intézet és Múzeum, valamint a HM Zrínyi Nonprofit Kft. *Kézzelfogható hadtörténelem* című dobozkönyvsorozatának újabb darabja jelent meg *Visszatért országrészek 1938–1941* címmel. A trianoni békeszerződés katonai rendelkezései súlyosan érintették a magyar haderőt, ezért csak óriási erőfeszítés árán sikerült megmenteni a honvédelem gerincét, hiszen a döntés értelmében Magyarország területének 72%-a, lakosságának 64%-a az újrarajzolt határokon kívülre, az elcsatolt országrészekkel kiegészített államok birtokába jutott. Erről az 1927–1941 közötti küzdelemről, a békediktátumot követő, a haderő rejtett és nyílt fejlesztéséről és újjászülésétéről szól ez a reprezentatív kiadvány. A dobozkönyv részletesen foglalkozik a honvédség szerepével az 1938–1941 közötti területi revíziók érdekében történt katonai műveletekkel is.

A különleges kialakítású kötetből kiviláglik az az elkötelezettség, erőfeszítés és áldozatvállalás, amellyel a magyar politikai és katonai vezetés a haderő felépítésére törekedett, továbbá megismerhető néhány olyan, talán kevésbé ismert terület is, ahol a Magyar Királyi Honvédség tisztjei és tiszthelyettesei a kötelezettségteljesítésen túl, egyéb területeken is bizonyították rátermettségüket.

Dr. Sallay Gergely, a második világháborút megelőző időszak csehszlovák–magyar politikai, diplomáciai és társadalomtörténeti kapcsolataival foglalkozó történész munkája bemutatja a megerősödő Magyar Királyi Honvédség szervezetét, mindennapjait, alkalmazását, felszerelését, fegyverzetét, jelképrendszerét és a korszak azon kiemelkedő alakjait, akik szerepet játszottak a Felvidék, Kárpátalja, Észak-Erdély és a Délvidék visszatérése során.

A válogatott múzeumi és levéltári dokumentumok kézbe vehető faksimile változatai, valamint a kötet útján elérhető online tartalmak mind hozzájárulnak ahhoz, hogy az olvasó megismerhesse az ország és a haderő nemzetközi elszigeteltségből és rejtésből való kitörésének történetét, és a visszatérő országrészek eseményeit és emlékeit.

A gazdag archív képanyaggal illusztrált, élményközpontú dobozkönyv mellékletei egy QR-kóddal elérhető virtuális melléklet is kiegészíti, amely a kor eseményeit kutató hadtörténészek stúdióbeszélgetését, valamint számos 1938–1941 közötti katonai indulót tartalmaz az MH Légió Zenekar Veszprém előadásában.

**A Sallay Gergely szerkesztésében, a Zrínyi Kiadónál megjelent, több száz színes és fekete-fehér illusztrációval, valamint 14 tasakban elhelyezett és beragasztott melléklettel, ellátott, keménytáblás dobozkönyv terjedelme 68 oldal. 13 900 Ft-os áron kapható a könyvesboltokban, illetve közvetlenül a Zrínyi Kiadótól 30% helyszíni kedvezményvel 9730 Ft-ért. Cím: 1024 Budapest, Filler utca 14. (tel.: 06 1-459-5373, e-mail: cinti@hmzrinyi.hu), valamint kapható a kötet a Zrínyi Kiadó webshopjában is (<https://shop.hmzrinyi.hu/>) szintén 30% kedvezményvel. (DRU.)**