

**ACCIDENT INVESTIGATION METHODS,
APPROACHES AND APPLICATION
POSSIBILITIES IN THE FIELD OF
OCCUPATIONAL SAFETY****BALESETKIVIZSGÁLÁSI MÓDSZEREK,
SZEMLÉLETMÓDOK ÉS ALKALMAZÁSI
LEHETŐSÉGEK A MUNKAVÉDELEM
TERÜLETÉN**MAREK Bence Attila¹ – BRAUN András²**Abstract**

Since the era of Ancient Egypt, we have known about workplace accidents and occupational diseases - even if they were not referred to as such at the time and received far less attention than they do today. Although a great deal of time has passed, humanity still has a long way to go in this field. In this article, we present the investigation methods most commonly used in occupational safety today. While society still has room for improvement in reducing the number of accidents, efforts are being made both to proactively prevent negative impacts from occurring and to reactively avoid their recurrence through various investigation and analysis techniques. In our discussion, we will cover both the more traditional and the more modern approaches.

Kulcsszavak

Investigation, workplace accident, methodology

Absztrakt

Egészen az ókori Egyiptom kora óta tudunk munkabalesetekről és foglalkozási megbetegedésekről, még ha akkoriban nem is nevezték így őket és messze nem kapták meg azt a figyelmet, amelyet napjainkban kapnak. Habár sok idő telt el, az emberiségnek ezen a téren még jelentős fejlődési utat kell bejárnia. Jelen cikkünkben bemutatjuk a munkavédelemben használt kivizsgálási módszereket, melyekkel manapság leginkább találkozhatunk. A balesetek számosságában van hova fejlődnie a társadalomnak, hogy jelentősen csökkentse azokat. A másik oldalról mindent megtesz annak érdekében, hogy meg tudja előzni a negatív hatások kialakulását - proaktívan - vagy az ismételt kialakulását - reaktívan - különböző vizsgálati és kivizsgálási módszerek segítségével. Cikkünkben taglalni fogjuk a már mondhatni tradicionális és újkeletű, modern metódusokat is.

Kulcsszavak

Kivizsgálás, munkabaleset, módszertan

1 redder.mb@gmail.com | ORCID: 0009-0004-6028-3134 | Military and Safety Technology Engineer, Occupational Health And Safety Engineer, Certified Security Engineer, Opella Healthcare Hungary Kft. | Had- és biztonságtechnikai mérnök, Munkavédelmi szakmérnök, Okleveles biztonságtechnikai mérnök, Opella Healthcare Hungary Kft.
2 braun.andras92@stud.uni-obuda.hu | ORCID: 0009-0008-3958-5751 | PhD Student, Doctoral School on Safety and Security Sciences Óbuda University | Doktorandusz hallgató, Óbudai Egyetem Biztonságtudományi Doktori Iskola

BEVEZETÉS

Mi is a munkabaleset? A jogszabály szerint: „az a baleset, amely a munkavállalót a szervezett munkavégzés során vagy azzal összefüggésben éri, annak helyétől és időpontjától és a munkavállaló (sérült) közrehatásának mértékétől függetlenül.” [1] Hasonlóan fogalmaz a Nemzetközi Munkaügyi Szervezet (továbbiakban ILO) is: olyan esemény, amely a munkahelyen vagy munka közben történik, és amely sérülést vagy halált okoz. [2] A baleseteknek számos hatása van a munkavégzés összes résztvevőjére. Természetesen elsődleges az emberi életre és egészségre gyakorolt hatása. Az emberi test és lélek jóllétét szükséges fenntartani és megőrizni. Másodlagos hatásként a gazdasági következményeket kell megemlíteni. A munkabaleset következtében emberi erő eshet ki a termelésből, valamint a baleset súlyosságától függően akár a teljes telephelyen is leállhat a termelés, amennyiben a hatóság úgy rendelkezik. [1] Végül, de nem utolsó sorban a baleseteknek hatása lehet a munkahelyi morálra, a munkavállalók pszichéjére is. [3] Példának okáért gondoljunk arra, hogy kieshet egy műszakvezető a termelésből vagy akár arra, hogy egy halálos vagy súlyos baleset szemtanúi sokszor sokkos állapotba kerülhetnek és szoronghatnak, minek feloldásához idő és szakemberek támogatása szükséges. A munkavédelemben használt különböző kivizsgálási módszertanok vizsgálata során számos jelenleg már használatban lévő, bejáratott módszerről fogunk számot adni, illetve újként, modern metódusokat is érinteni fogunk, amelyek hamarosan Magyarországon az ipar fejlődésének köszönhetően kényszerűen és szükségesen a mindennapjaink részévé fognak válni, akár egy 5 Why vagy egy Ishikawa.

Az információkat leginkább az interneten elérhető szakirodalmakból, jogszabályokból, szabványokból merítjük és személyes tapasztalatainkkal vegyítve fogjuk alátámasztani az általunk leírtakat. A kutatómunkánk célja, hogy bemutassa, mely módszerek vannak jelen a balesetkivizsgálások között, melyek kevésbé ismertek, elterjedtek. A bemutatni kívánt módszertanok listája nem teljes, természetesen sokkal több létezik a gyakorlatban. A publikáció célja továbbá, hogy későbbi kutatások során a feltárt új módszereket megtaníthassuk a mesterséges intelligenciának, hogy egy társként segítse a kivizsgálásokat. A mesterséges intelligencia használatának legfőbb előnye, hogy képes megőrizni az emberi szakértelmet a számára betanított, kommunikált tapasztalatot, illetve felhasználhatja azt az emberi viselkedésre és kognitív folyamatokra alapozva. A módszerek között több is nagy mennyiségű tudást igényel, mely elsajátítása akár évekbe is telhet. Ellenben, a mesterséges intelligencia, a betáplált adatok függvényében képes mindezt rövid időn belül elsajátítani és érzelmi befolyásoltság nélkül alkalmazni. [4]

A MUNKABALESETEK KIVIZGÁLÁSÁNAK FEJLŐDÉSE

Kronológiai szempontból különböző szakaszokra oszthatjuk a munkabalesetek kivizsgálási módszereit. Ezeket a módszereket nem kifejezetten a szakma hozta létre, hanem más, többnyire katonai célokat szolgáló létesítményekből, technológiailag előbbre járó cégekből kezdték meg útjukat a civilszféra és ezáltal a munkavédelmi iparág felé. Számos módszert, főleg minőségbiztosítási célokra alkalmaztak először. [5] A történelem során az elsők között jelent meg a napjainkban is igencsak elterjedt Hibafa-analízis (Fault Tree Analysis - FTA). A Bell Laboratories-nél kezdték el használni, azon belül is egészen pontosan az USA légierijének készülő Minuteman rakéta programjában. Ezt követően a Boeing

Company fejlesztette tovább a módszertant, akik a minőségi és mennyiségi FTA értékelések érdekében egy továbbfejlesztett technikát és számítógépes alkalmazást hoztak létre. [6]

A módszertan alapvetően egy logikai diagramot takar, amely az adott baleset vagy akkoriban rendszerhiba kialakulásához vezető okokat vizsgálta. A különböző tényezők között ÉS/VAGY kapukat alkalmaz, amelyek különböző részeredményekhez vezethetnek. Legfőbb hátránya, hogy főként a műszaki okokra koncentrál, az emberi tényezőket kevésbé veszi górcső alá. Fő felhasználási területei a repülőgépipar, atomenergiái ipar és a vegyipar. [6] Nem sokkal ez előtt a módszer előtt, még a háborús évek alatt jelent meg egy másik, ma is gyakran használt eszköz, ami a „Hibaállapot- és hatáselemzés” (Failure Mode and Effects Analysis - FMEA) nevet viseli. Maga a módszert a II. világháborúban kezdte el használni az amerikai hadsereg, majd a háború lezárása után kikerült a civilszférába, ahol a NASA és az amerikai gépjárműipar (Ford, GE) kezdte el az elsők között használni. [7] A módszertan célja, hogy a rendszerben előforduló meghibásodási módokat azonosítsa, azok hatását és valószínűségét elemezze.

Az értékelést három szempont alapján végzi:

- a hiba előfordulási valószínűség,
- a hiba észlelhetősége a rendszerben,
- a hiba súlyossága. [7]

Hátránya, hogy nem mindig veszi figyelembe a teljes rendszer vagy az emberi tényezők hatásait. Leginkább a közlekedési iparban, autó és repülő gyártás, valamint egészségügyi eszközök tervezéséhez használják. [7] A harmadik módszer a mennyiségi kockázatelemzés (Quantitative Risk Assessment - QRA), melyet az 1970-es években kezdtek el használni. Ezt már dedikáltan az ipari szféra, főleg az olaj, gyógyszer és gázipar számára dolgozták ki. Statisztikai és valószínűségi számításokat tartalmaz, az adott esemény bekövetkezési valószínűségével és következményeinek súlyosságával értékeli a vizsgált folyamatot, kockázatot. Ez a módszer képezi a mai kockázatelemzések alapjainak nagyrészt. Általában egy 2 dimenziós, legalább 3x3-as mátrix az alapja, ennél kisebbet nem szoktak alkalmazni, de a mátrix minél nagyobb, annál részletesebb lesz a kockázatelemzés is. Általánosságban mindenhol használják. [8] A negyedik módszer kronológiai sorrendben az Eseményfa-elemzés (Event Tree Analysis - ETA), amely az FTA módszer kiegészítőjeként jelent meg szintén az 1970-es években. Ez a módszer a baleset következményeinek vizsgálatával foglalkozik elsősorban, hátránya azonban, hogy csak megadott feltételek mentén tud vizsgálni, ismeretlen változókkal nem tud operálni. Leginkább atomiparban, repülésbiztonságban, balesetek kivizsgálásakor és vészhelyzetekben használják a gyakorlatban. [6]

Végül 1972-ben megjelent a SHEL modell, amelyet az ICAO (Nemzetközi Polgári Repülési Szervezet) dolgozott ki. 4 fő jellemzőt vizsgál: Software (eljárások, szabályok), Hardware (eszközök, technológia), Enviroment (környezet, külső hatások), Liveware (emberi tényezők). A későbbiekben még egy L betűvel bővült, mellyel az emberi tényezők egymásra gyakorolt hatását is tudta elemezni. Leginkább közlekedéstechnikában és egészségügyben használják. [9]

A rendszerszemlélet megjelenése, gyökerei

A rendszerelméletek megjelenése alapvetően a klasszikus, lineáris, egy gyökérokot meghaladó kivizsgálási módszereinek a hátra hagyását jelentette. A megjelent új módszerek alkalmasak voltak már a többtényezős balesetek feltárásához is. A rendszerelméletet az

1940-es évek környékén vetette papírra egy osztrák biológus, Ludwig von Bertalanffy. A célja alapvetően az volt, hogy a különböző tudományágakban megjelenő rendszereket közös szabályok mentén tudja leírni, lehetővé téve, hogy ezeket a tudományokat ne különálló halmazként, hanem azok egymásra való hatását is vizsgálni tudja. [10] Azonban az alapvető rendszerelmélet nem volt alkalmas számos műszaki rendszerben kialakult baleset (például atomerőművek vagy repülőgépek) vizsgálatára, azok komplexitása és összetettsége miatt. Itt jelentett áttörést a James Reason által 1990-ben bemutatott „Swiss cheese modell” („Svájci sajt modell”). Könnyen tudta szemléltetni, hogy az iparban bekövetkezett, bonyolultabb balesetek a többrétegű védelmi vonalak áttörésével jelentkeznek, rendszerszintű hibák együttes meglétével. [11]

A 2000-es évektől Nancy Leveson STAMP (Systems-Theoretic Accident Model and Processes) modellje hozott újabb áttörést, mely a rendszerirányítási folyamatokat, visszacsatolásokat és szabályozási hiányosságokat is vizsgálta, megalakítva ezzel a nemlineáris modelleket. Ezen modellek jellemzői, hogy az időben eltolódó, rejtett okokat is képesek vizsgálni. [12] Az eddig ismertetett történelmi háttérre építve jutunk el a napjainkban használt balesetkivizsgálási módszerekhez, mint a HFACS (Human Factor Analysis and Classification System), FRAM (Functional Resonance Analysis Method), és a Tripod Beta, amelyek a modern rendszerelméletekre épülnek. Ezek a módszerek már összességében képesek vizsgálni a szervezeti kultúra, a kommunikációs csatornák, a munkakörnyezet változékonysága vagy az emberi döntéshozatal összesített hatását. A cél már nem csupán a kiváltó okok meghatározása, hanem a hosszútávú kockázatok csökkentése is, elősegítve ezzel a hatékony prevenciót. [13]

A BALESETKIVIZSGÁLÁS ELTÉRŐ MEGKÖZELÍTÉSEI

A kivizsgálásokkal kapcsolatban különböző szemléletek alakultak ki, melyek mind más-más nézőpontból közelítik meg a balesetek okait és más jelleggel, más fókusszal tárják fel a problémákat. A továbbiakban 3 fő megközelítést különböztetünk meg:

- A technikai (lineáris) megközelítés, mely szempont lényege, hogy a balesetek egyetlen vagy kisszámú technikai vagy emberi hiba következményeként alakulnak ki, ahol lineáris ok-okozati összefüggések állnak fenn. Például: RCA, FTA, 5Why. A megközelítés előnye lényegében a hátránya is mivel egyszerű, ezért könnyen hajlamos lehet az egyén hibáztatásra a rendszerszintű tényezők és nemmegfelelőségek figyelembevétele nélkül. A megközelítés helyes használatához nagyon fontos a kivizsgáló kompetenciája és a beérkező adat minősége.
- Az emberi tényezőkre épülő megközelítés a baleseteket az emberi hibák, döntési problémák és viselkedési tényezők szempontjából vizsgálja. Fókuszát a dolgozók képzettségére, mentális állapotára, valamint kommunikációs és vezetői problémákra helyezi. Például: HFACS. Előnye, hogy átfogóbban értelmezi az emberi hibát és kicsit tágabban tekint a körülményekre, kulturális tényezőkre. Azonban emellett hátrányuk továbbra is, hogy a nem megfelelő minőségű információk esetén könnyen az egyén szintjén keresi a felelősöket.
- A rendszerszemléletű megközelítés a baleseteket mélyebb, komplexebb rendszerek nem megfelelő működésének, strukturális hibáinak tekinti. Vizsgálat során figyelembe veszi a visszacsatolásokat, szabályozási hiányosságokat és külső környezeti

tényezőket is. Például: STAMP/STPA, FRAM, Tripod Beta. Ezen megközelítésnél fontos megemlíteni, hogy kiválóan alkalmazható összetett, komplex rendszerekre is, a vizsgálat eredménye pedig elősegítheti a megfelelő prevenciók gyakorlat kialakítását. Emellett nagy hátránya, hogy meglehetősen idő és tudásigényes, ezáltal nem használható minden balesetre könnyedén. [14]

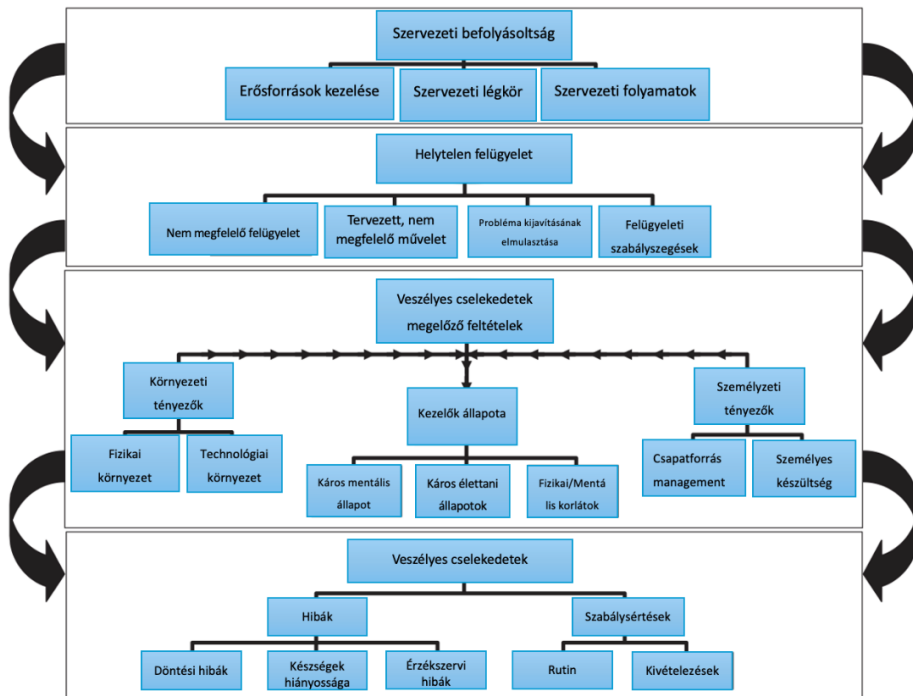
Legújabb trendek a munkabalesetek kivizsgálásában

Napjaink irányvonalát követve a balesetek kivizsgálásai is egyre inkább tolódnak a digitalizáció irányába, ezzel együtt az AI irányába is, ami a jelenlegi szintjén kiváló segítséget nyújt az adatok feldolgozásában, különféle szempontok elemzésében és a mintázatok értékelésében. A hibák rendszerszemléletű megközelítésének hatására teret nyertek a proaktív célkitűzések is, melyek elsődleges célja a gyenge jelekből eredő balesetveszélyes helyzetek korai felismerése.

- Mesterséges intelligencián alapuló elemzések: Egyre inkább elterjednek az ilyen módszerek [15], amelyeknek legnagyobb előnye a mintázatok, ismétlődések felismerése, ezáltal az előre jelezhető kockázatok észlelése, melyeket akár figyelmen kívül is hagyhatnak a szakemberek, főleg, ha jelentkezik az „üzemi vakság”.
- Digitális eseményrögzítés és valós idejű monitoring: A munkahelyeken egyre sűrűbben előfordulnak a különböző okos eszközök, melyek folyamatosan gyűjtik az adatokat működési karakterüknek megfelelően. Általuk a kivizsgálás tényszerű adatokra, képi elemekre is támaszkodhat, konkrét időpontokkal, elfoglaltság nélkül. Kiváló példa az eseményrögzítésre a számos analitikai funkció mellett dőlésérzékelővel vagy személyi védőeszköz érzékelési funkcióval ellátott kamerák.
- Rendszerszintű szemlélet: Egyre több szervezet és cég ismeri fel, hogy a balesetek kivizsgálásnak nem egy adott, hibás személy megtalálása a célja, hanem sokkal inkább a rendszerszintű hiányosságok feltárása, megfelelő megelőző intézkedések meghatározása és alkalmazása a gyakorlatban. Ezek által a hangsúly sokkal inkább a visszacsatolási ciklusok fejlesztésén lesz. Legismertebb eszköze ezen szemléletnek a „Just culture” („Igazságosság kultúra”).
- Kiterjesztett valóság (AR), virtuális valóság (VR) és szimulációk: Ezen eszközök és technológiák nagyon sok helyen és nagyon színesen használhatóak. Feltűnhetnek például a balesetek rekonstruálásában, mint interaktív szimulációs eszközök, melyek a döntéshelyzetek újra játszásában és elemzésében nyújthatnak segítséget. A VR eszközök ezen felül oktatási célból nyithatnak meg új lehetőségeket (pl.: egyéni védőeszközök oktatása, ahol következmény nélkül betekintést nyerhetnek a munkavállalók a balesetekbe is akár). Az AR eszközök pedig gyakorlati feladatoknál helyezhetik új alapokra a jelenlegi módszertanunkat (pl.: Kizárás-kitáblázás (Lock out-Tag out, LOTO) utasítások térbeli megjelenítése egy egyszerű telefon segítségével, esetleg termelői gépek átállásánál az utasítások a digitális térben is megjelenhetnek).
- Integrált biztonsági management rendszerek (pl.: ISO 45001): Összefoglalja, egysegíti a különböző kockázatok értékelését, incidensek kezelését, nyomon követését, ezáltal elősegíti a balesetek kivizsgálását és feldolgozását, azokból az adatok kinyerését (pl.: különböző, kulcsfontosságú teljesítménymutatókhoz (Key Process Indicator - KPI). [16]

MÓDSZERTAN

HFACS (Human Factor Analysis and Classification System) egy alapvetően a „Swiss Cheese” modell által inspirált módszer, mely lényege, hogy meghatározott struktúra alapján (1. ábra) osztályozza az emberi hibákat és az ezek mögött fellelhető szervezeti tényezőket. A vizsgálatot 4 szinten folytatja, melyek hierarchiája az alábbi módon néz ki. [13]

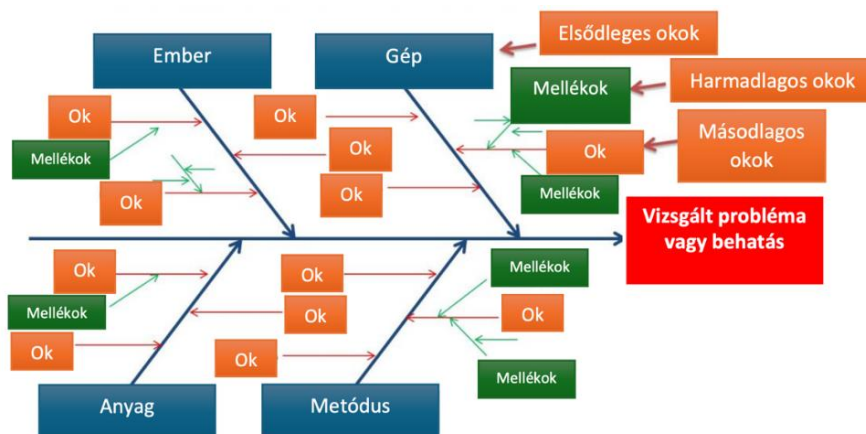


1. ábra HFACS struktúra, a szerzők szerkesztése [17]

Az analízis elvégzésével egy összességében átfogó, minden réteget érintő eredményt fogunk kapni, melyekben a rendszerszintű, emberi tényezők részletesen elemzésre kerülnek. Hátránya, hogy a megfelelő végzéshez tréningek szükségesek, előzetes ismeretek nélkül téves megállapításokhoz vezethet. A korlátaikhoz tartozik, hogy kvalitatív jellegű. [13]

Root Cause Analysis (RCA - Gyökérok elemzés) Az elemzés célja, hogy a balesetek mögött meghúzódó gyökérokat feltárja. Alapvetően napjainkban is használatos, eléggé elterjedt eszköz. Az elemzés elvégzéséhez kettő eszközt szoktak jellemzően használni:

- **5 Miért (5-Why):** az esemenylánc feltárását szolgáló eszköz. Folyamatos „Miért?” kérdések feltételével deríti fel a vizsgált esemény történéseit. Kutatások alapján 5 kérdés után már elég mélyen a probléma gyökeréhez kerülhetünk.
- **Ishikawa - vagy halszálla diagram (2. ábra):** 4-6 kategóriába sorolja a lehetséges okokat, melyek általában: ember, módszer, gép, anyag, de ezekről el lehet térni. Erőssége, hogy gyors és nagyon jól strukturált módszer, valamint már a köztudat részét képezi. Emellett hátránya, hogy elsősorban a lineáris ok-okozati logikán alapul, amely nem mindig tükrözi néhány eset komplexitását. [18]

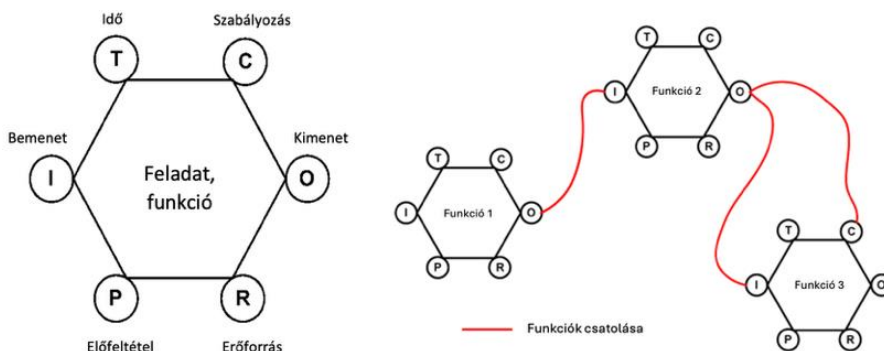


2. ábra Ishikawa diagram felépítése, a szerzők szerkesztése [19]

Napjainkban az RCA elemzéshez már léteznek „polcról levehető”, azaz előre elkészített keretrendszerek. Ezek közül világvezetőként talán a TapRoot® említhető. Egy előre definiált, magasan standardizált szoftver, amely könnyen implementálható bármilyen ipari környezetben, akár más célra is. [18]

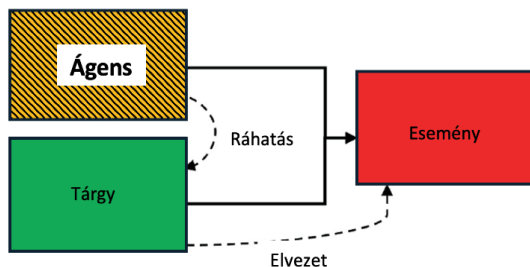
Accident Tree Analysis (ATA - Hibafa elemzés) a baleseti vagy hibafa elemzés egy erős vizualitáson alapuló módszer, mely az eseményláncokat tárja fel hatékonyan (3. ábra). AND/OR (ÉS/VAGY) kapuk segítségével mutatja, hogy az esemény milyen döntések mentén következhetett be. Előnye az átláthatóságában rejlik, mivel jól dokumentálható, és összességében egy jó logikai struktúrát nyújt. Hátránya, hogy komplex esetekben alkalmazása időigényes lehet, valamint függ az eredménye a beérkezett adatok minőségétől, pontosságától. [18]

FRAM (Functional Resonance Analysis Method - „Funkcionális rezonanciaelemző módszer”) A módszert Hollangel dolgozta ki, azzal a céllal, hogy a komplex rendszerek viselkedését elemezze. Alapvetően az események helyett a funkciók kölcsönhatásait vizsgálja és azok egymásra gyakorolt rezonanciáját (3. ábra). Előnye, hogy képes nagyon összetett rendszereket is vizsgálni, viszont cserébe a modellezése bonyolult és egyedi szakismeretet igényel. [14]



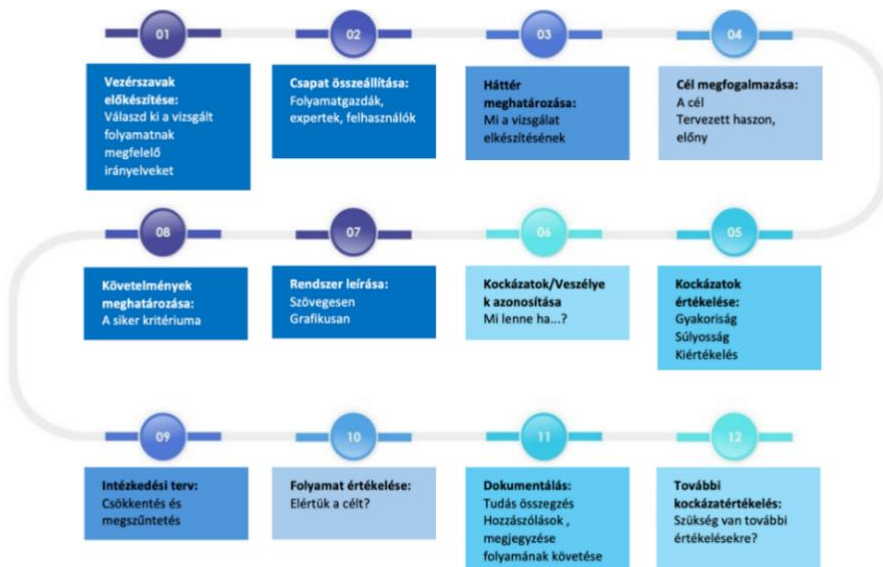
3. ábra FRAM modell felépítése, a szerzők szerkesztése [20]

Tripod beta módszer az alapvető hibamódok és a védelmi rések feltárására szolgál (4. ábra). Elősegíti főként a szervezeti és a rendszerbeli hiányosságok, valamint a balesethez vezető rejtett okok feltárását. Általában nem, mint önálló módszer, hanem mint más módszerek támogatására szolgáló eszköz használják. A metódus főként a „mit”, „hogyan”, és „miért” kérdésekre válaszol. [21]



4. ábra Tripod beta vizuálisan, a szerzők szerkesztése [21]

SWIFT (Structured What-If Technique – Strukturált „Mi lenne, ha” technika) egy alapvetően proaktív, jövőbe tekintő módszer. „Mi lenne, ha” kérdésekkel operálva a projektek, munkafolyamatok elején használják, mely segítségével különböző baleseti veszélyforrásokat a csapat előre azonosíthat (5. ábra). Segít a kockázatokkal szembeni érzékenyítésben, illetve mélyíti a csapat jövőorientált (proaktív) kockázatkezelését. [22]



5. ábra SWIFT módszer, a szerzők szerkesztése [23]

ÖSSZEFOGLALÁS

A következtetéseket levonva megállapíthatjuk, hogy a kivizsgálási módszerek elsősorban a hadiparból, másodsorban az atomenergia iparból, illetve a légi közlekedésből származnak, azokon belül is főként a minőségbiztosítás területéről, melyeket átvett a mun-

kavédelem és végül a civilszféra. Ezen szakterületekre elmondható, hogy hatékony, a problémát feltáró módszerekre van szüksége, hiszen egy nem azonosított hiba könnyen százak, ezrek életét követelheti. Az általunk elsőként vizsgált módszer a HFACS volt, melynek legfőbb fókuszja az emberi és szervezeti hibák feltárásán van, mivel alapvetően egy preventív és rendszerszintű vizsgálatot tesz lehetővé. Hátránya, hogy használata meglehetősen tréningigényes, és kvalitatív módszer, amely mellőzi a kvantitatív eredményeket. A második módszer a már klasszikusnak mondható RCA, azaz gyökérok-elemzés volt. Tény, hogy ez nem a legújabb eszköz, azonban fontosnak találtuk megemlíteni, mivel napjainkban ez az egyik legelterjedtebb és a munkavédelem területén is legjobban használható kivizsgálási módszer. Előnye, hogy gyorsan elvégezhető, nagyon részletekbe is mehet és strukturált képet ad vissza a végén a balesetről és annak miértjeiről. Hátránya viszont, hogy nagyon lineárisan szemléli az esetet, valamint könnyen hibás konklúziót eredményezhet a beérkezett adatok és a csapat munkájának függvényében (lehet, gyors, de nem szabad a gyorsaságra törekedni az alaposág rovására). Fontos, hogy mindig a Jéghegy modell-el együtt alkalmazzuk. A következő módszer az FTA, azaz Hibafa elemzés volt, mely a logikai események láncolatát vizsgálja. Előnye, hogy könnyen átlátható és a kivizsgálás alatt végig strukturált marad, főleg ÉS/VAGY kapukkal operál, azonban ezt a metódust kifejezetten csak az egyszerűbb balesetekre érdemes használni, mivel a komplexitást nem kezeli. Egyszerű események egyszerű sorozatát tárja fel. A soron következő a FRAM volt, mely a funkcionális kölcsönhatásokra helyezi a hangsúlyt, ezáltal a komplex események vizsgálatára is alkalmas. Sajnos emiatt hátránya, hogy maga a modellezés nagyon bonyolult, ténylegesen tréning szükséges a használatához. Ezt követően megvizsgáltuk a Tripod beta módszert. Itt a szervezeti kockázati tényezők vizsgálatára kerül a hangsúly, feltárva ezáltal a szervezetek hiányosságait a munkabalesetek tükrében, ezáltal kifejezetten kerüli a személyek hibáztatását. Ez a módszer is meglehetősen kvalitatív, nagyon kevés kvantitatív szempontot foglal magában. Végül az utolsó eszköz a SWIFT volt, mely nem is kifejezetten a balesetek bekövetkezésének okát vizsgálja, hanem egy preventív szemléletet biztosít, melyben főként baleseti forgatókönyveket készít az adott csapat, például egy új technológia bevezetése, egy projekt megkezdése előtt. Viszont fontos megemlíteni, hogy ez csak egy szubjektív eszköz, nagyon függ a használhatósága a csoport hozzáállásától. Amennyiben egy igazi, akár kompromisszumkész és munkavédelmi szempontból érett csapat gyűlik össze, úgy kifejezetten jól működhet. Ezáltal összességében elmondható, hogy kutatómunkánk 6 módszert mutatott be, melyből 2 napjainkban is már jelen van a munkavédelem területén. Ugyanakkor 4 még nem igazán terjedt el, azonban felépítésüknek köszönhetően feltételezhető, hogy pár éven belül találkozni fogunk velük a szakmában is.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] „1993. évi XCIII. törvény - Nemzeti Jogszabálytár”. Elérés: 2025. november 18. [Online]. Elérhető: <https://njt.hu/jogszabaly/1993-93-00-00>
- [2] International Labour Organization, „Investigation of occupational accidents and diseases | International Labour Organization”. Elérés: 2025. november 18. [Online]. Elérhető: <https://www.ilo.org/publications/investigation-occupational-accidents-and-diseases>

- [3] M. Ghisi és mtsai., „Psychological Distress and Post-Traumatic Symptoms Following Occupational Accidents”, *Behavioral Sciences*, köt. 3, sz. 4, o. 587–600, okt. 2013, doi: 10.3390/bs3040587.
- [4] Dr. habil. Kollár Csaba PhD, „A mindennapok mesterséges intelligenciája”, Slideshare. Elérés: 2025. november 18. [Online]. Elérhető: <https://www.slideshare.net/slideshow/a-mindennapok-mesterseges-intelligenciaja-pptx/278737871>
- [5] Heinrich H. W., *Industrial Accident Prevention (1941)*. McGraw-hill Book Company Inc., New York and London, 1941. Elérés: 2025. november 18. [Online]. Elérhető: <http://archive.org/details/dli.ernet.14601>
- [6] U.S. Nuclear Regulatory Commission, „NUREG-0492, »Fault Tree Handbook«.”.
- [7] D. H. Stamatis, *Failure mode and effect analysis: FMEA from theory to execution*, 2. ed., rev.Expanded, [Nachdr.]. Milwaukee, Wis: ASQ Quality Press, 2008.
- [8] E. Salzano és A. Basco, „Simplified model for the evaluation of the effects of explosions on industrial target”, *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, köt. 37, o. 119–123, szept. 2015, doi: 10.1016/j.jlp.2015.07.005.
- [9] F. H. Hawkins és H. W. Orlady, *Human factors in flight*, 2nd ed. Hampshire: Avebury technical, 1993.
- [10] L. Von Bertalanffy és J. W. Sutherland, „General Systems Theory: Foundations, Developments, Applications”, *IEEE Trans. Syst., Man, Cybern.*, köt. SMC-4, sz. 6, o. 592–592, nov. 1974, doi: 10.1109/TSMC.1974.4309376.
- [11] James Reason, „(PDF) "Human Error, " by James Reason (Book Review).”, *ResearchGate*, aug. 2025, Elérés: 2025. november 18. [Online]. Elérhető: https://www.researchgate.net/publication/220108440_Human_Error_by_James_Reason_Book_Review
- [12] N. G. Leveson, *Engineering a Safer World: Systems Thinking Applied to Safety*. The MIT Press, 2012. doi: 10.7551/mitpress/8179.001.0001.
- [13] D. A. Wiegmann és S. A. Shappell, „A Human Error Approach to Aviation Accident Analysis”.
- [14] E. Hollangel, „The Functional Resonance Analysis Method: Modelling Complex Socio-technical Systems”. Ashgate, 2012.
- [15] British Safety Council, „AI: a powerful new tool for managing safety risks”, British Safety Council. Elérés: 2025. november 18. [Online]. Elérhető: <https://www.britsafe.org/safety-management/2024/ai-a-powerful-new-tool-for-managing-safety-risks>
- [16] K. H. D. Tang, „Artificial Intelligence in Occupational Health and Safety Risk Management of Construction, Mining, and Oil and Gas Sectors: Advances and Prospects”, *J. Eng. Res. Rep.*, köt. 26, sz. 6, o. 241–253, máj. 2024, doi: 10.9734/jerr/2024/v26i61177.
- [17] Douglas A. Wiegmann, „Figure 1. The Human Factors Analysis and Classification System (HFACS)”, *ResearchGate*. Elérés: 2025. november 18. [Online]. Elérhető: https://www.researchgate.net/figure/The-Human-Factors-Analysis-and-Classification-System-HFACS_fig1_252682635
- [18] Bjørn Andersen, „(PDF) Root Cause Analysis: Simplified Tools and Techniques, Second Edition”, *ResearchGate*. Elérés: 2025. november 18. [Online]. Elérhető: https://www.researchgate.net/publication/233862776_Root_Cause_Analysis_Simplified_Tools_and_Techniques_Second_Edition

- [19] TQP, „What is a Fishbone Diagram? Ishikawa Diagram | Cause & Effect Diagram”, Tech Quality Pedia. Elérés: 2025. november 18. [Online]. Elérhető: <https://techqualitypedia.com/fishbone-diagram-ishikawa-diagram/>
- [20] J. Vankeirsbilck, „FRAM in a nutshell – PAN-EUROPEAN TRAINING, RESEARCH AND EDUCATION NETWORK ON ELECTROMAGNETIC RISK MANAGEMENT”. Elérés: 2025. november 18. [Online]. Elérhető: <https://etn-pe-ter.eu/2021/02/11/fram-in-a-nutshell/>
- [21] Stichting Tripod Foundation, „Tripod Beta | Tripod”. Elérés: 2025. november 18. [Online]. Elérhető: <https://tripod.energyinst.org/beta>
- [22] „SWIFT - Acquisition Safety and Environmental Management System”. Elérés: 2025. november 18. [Online]. Elérhető: <https://www.asems.mod.uk/printpdf/toolkit/swift>
- [23] Jeremiah Genest, „Structured What-If Technique as a Risk Assessment Tool”, Investigations of a Dog. Elérés: 2025. november 18. [Online]. Elérhető: <https://investigationsquality.com/2021/05/08/the-swift-risk-assessment-tool/>