

1.03 | **Kockázatalapú karbantartási stratégia**

Tárgyszavak: karbantartási stratégia; kockázat; kockázatalapú karbantartás.

A korábbiaknál hatékonyabb és rugalmasabb üzemfenntartási stratégia a kockázatalapú stratégia (RBI – risk-based inspection), amelyet az USA-ban alakítottak ki. A rendszer gyakorlati alkalmazását európai nemzetközi projekt (risk based inspection and maintenance procedures for European industry – RIMAP) keretében készítik elő, és ebben a Stuttgarter Egyetem kutatói is közreműködnek.

A kockázatok szerepe a karbantartás stratégiai döntéseiben

A nagy értékű ipari berendezések különféle hagyományos karbantartási stratégiái alig adnak módot a költségek jelentős csökkentésére, és egyidejűleg a rendelkezésre állás előírt magas szintjének fenntartására. A kockázatra alapozott stratégia arra épül, hogy minden bekövetkező üzemzavarra, kárra jellemző a bekövetkezés valószínűsége, és valószínűség rendelhető a berendezés hibájából eredő következmények súlyosságához. A következmények megnyilvánulhatnak pl. a személyek és a környezet potenciális veszélyeztetésében vagy anyagi, pénzügyi veszteségekben. Ilyen kár, veszteség következhet be pl. a kieső termelés, az üzemképesség helyreállítását célzó javítások, cserék költségeiben, a kedvezőtlen piaci hatásokban.

A kockázathoz igazodó karbantartási koncepció (risk-based maintenance concept – RBM) alapvető jellemzője, hogy

- a berendezés alkatrészei, részegységei meghibásodására olyan csoportosítási ismérveket vesz figyelembe, amelyek kifejezik, hogy a minőséget miként befolyásolja a kockázatuk,
- felhasználja a folyamatirányítás és más információforrások mennyiségi tényezőit az üzemi adatbázisok, egyéb informatikai megoldások alapján,
- érvényesíti a gazdasági értékelés szempontjait is.

Az ilyen RBM-stratégia nem elszigetelten fejt ki kedvező hatását, hanem más üzemi rendszerekkel összekapcsoltan. A stratégiai tervezés és a gyakorlati megvalósítás során igazodik a termelési és karbantartási költségek optimális feltételeihez, a célkonfliktusok megoldására alakít ki a kockázatokat mérlegelő javaslatokat.

A biztosítószakmában hosszabb ideje alkalmaznak az események bekövetkezési valószínűségére, a károk kockázatára alapozott üzleti stratégiákat. A műszaki rendszerekhez szórványosan kezdték átvenni ezt a szemléletmódot az utóbbi 20 évben. Ilyen karbantartási stratégiák különösen a kőolaj-feldolgozó üzemek és atomerőművek sajátos kockázati viszonyaihoz készültek. A fejlesztés spontán jellege miatt országok, illetve a kockázatos termelési folyamatok szerint eltérő RBM-stratégiák alakultak ki, és a jogi megközelítések is sokfélék a világban.

Az USA atomerőműveire, egyéb energetikai üzeimeire az ASME szabvány alapján egységes karbantartási irányelvet dolgoztak ki, amely elismeri a kockázatalapú megközelítést. Az USA kőolajipari (API) szabványaiban is megjelentek ilyen karbantartási stratégiák, amelyek ajánlásként az európai ipar számára is irányadók. A RIMAP európai fejlesztési projektet a 2001–2005. időszakban, nemzetközi együttműködéssel indították, a következő célokkal:

- egységes eljárás, európai irányelv készüljön (RIMAP-módszer) a kockázatalapú döntésekre, pl. a gépek felülvizsgálata, karbantartása műveleteire, beleértve a valóságos üzemi kockázatok méréséklésének stratégiáját,
- a RIMAP-módszert a különböző ipari alkalmazások igazolják.

A projektet több mint 50 vállalat együttműködésével szervezték, a fontosabb ipari ágazatokban. Ilyen ipari alkalmazási terület pl. a kőolaj- és a vegyipar, az acélipar, az energiatermelés stb. A projektben részt vettek biztosítók, valamint a méréssel, gépfelülvizsgálattal foglalkozó szakvállalatok is.

Három nagy alprojektet szerveztek:

- a fejlesztésekre (research technology and development – RIMAP RTD),
- az alkalmazásokra, demonstrációkra (RIMAP DEMO),
- a hálózat kérdéseire (thematic network – RIMAP TN).

A résztvevők, kiterjedt gyakorlati tapasztalat birtokában a következő kérdések alapján szervezték a fejlesztés alprojektjének feladatait:

- a jelenlegi ipari gyakorlat és helyzet felmérése, a tapasztalatok összegzése az egyes résztvevők üzeimeiben, illetve országaiban,

- az ún. RIMAP-módszer és -eljárások kialakítása a kockázatra alapozott felülvizsgálati tervekhez, a karbantartás optimális stratégiájához,
- részletes kockázatértékelési módszer összeállítása a meghibásodás és kár modelljeivel kombinálva a gépek felülvizsgálati eredményeit,
- gyakorlati kézikönyvek készítése az egyes ipari felhasználók sajátosságai szerint olyan szakterületekre összpontosítva, amelyek tényleges folyamatai ezt a kockázatra alapozott irányítást és karbantartást leginkább indokolják.

A demonstrációs alprojekt olyan ipari területek alkalmazásait készítette elő, amelyek képesek igazolni a RIMAP gyakorlati előnyeit más szakterületek számára is. A gyakorlati alkalmazások elősegítik az ilyen stratégiák elfogadását szélesebb körben is, mind a hatóságok, mind az ipari folyamatokat mérésekkal felügyelők részéről.

A projekt eredményei

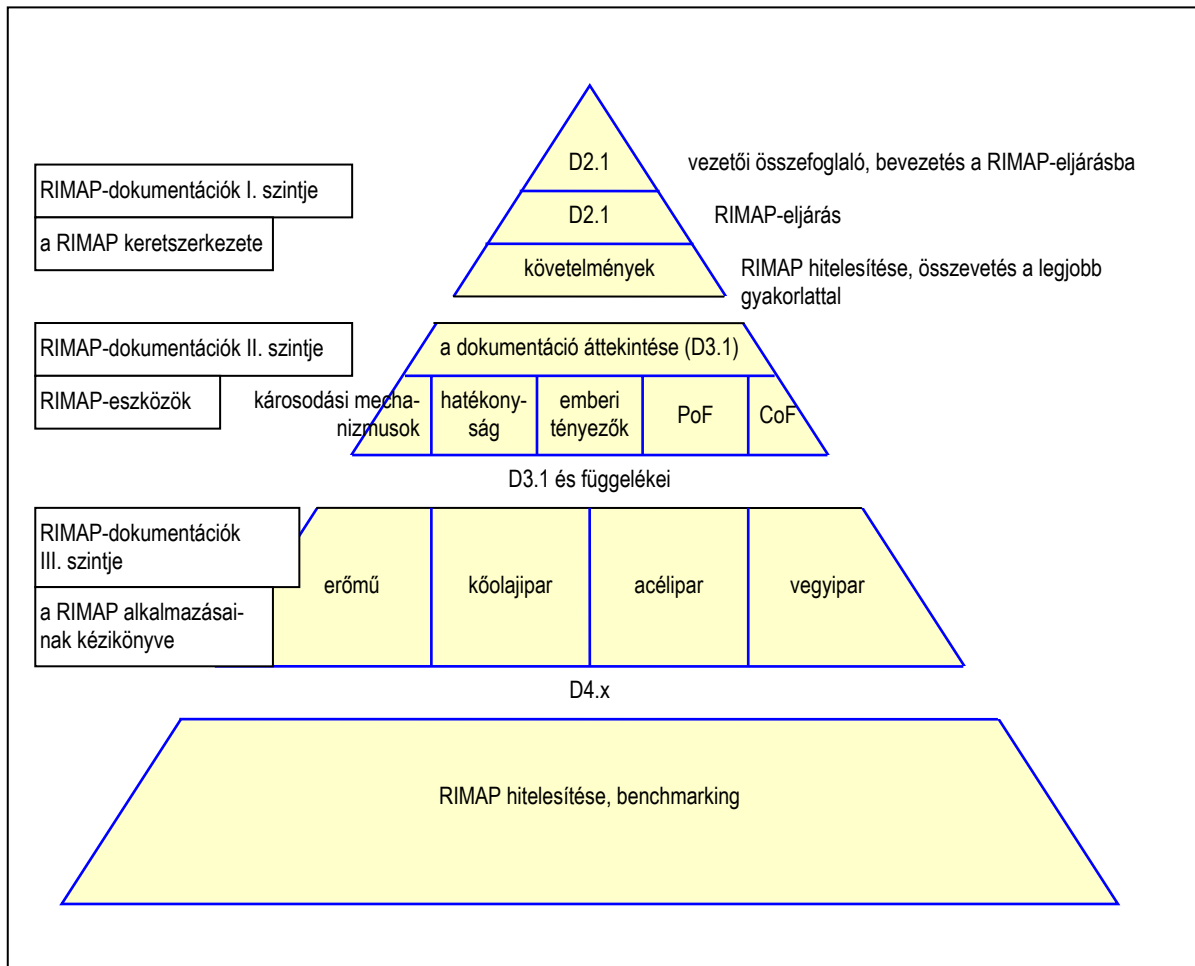
A RIMAP eddigi eredményeit az *1. ábra* szemlélteti. A kockázatok elemzésére hat lépést alakítottak ki, amelyet az ábra jobb oldalán levő folyamatvázlat szemléltet.

A RIMAP-eljárásban központi szerepe van a kockázati mátrixnak (*2. ábrán* alul), amely összeveti a várható hibák bekövetkezési valószínűségét a hiba következményeinek súlyosságával, a módszer által javasolt szintekkel jellemezve, ún. veszélyességi mezőkkel. A módszerhez kialakították az egyszerűsített kezdeti felmérés kérdőívét, amely legtöbbször minőségi jellemzőkre alapozott. Felhasználják továbbá a gyakorlati folyamatirányítás megfigyeléseit a hiba előfordulási esélyeinek becsléséhez, pl. üzemi adatbázisokat is igénybe véve. További támpontot adnak a kockázati mátrix elkészítéséhez a szakirodalmi adatok, amelyek meg-alapozhatják a vizsgálthoz hasonló rendeltetésű és eszközhátterű folyamatokra vonatkozó, általánosítható megállapításokat. A rendelkezésre álló műszaki és gazdasági információk alapján állapítják meg egyrészt a hiba bekövetkezési valószínűségének, másrészt a következmények súlyosságának alapkategóriáit.

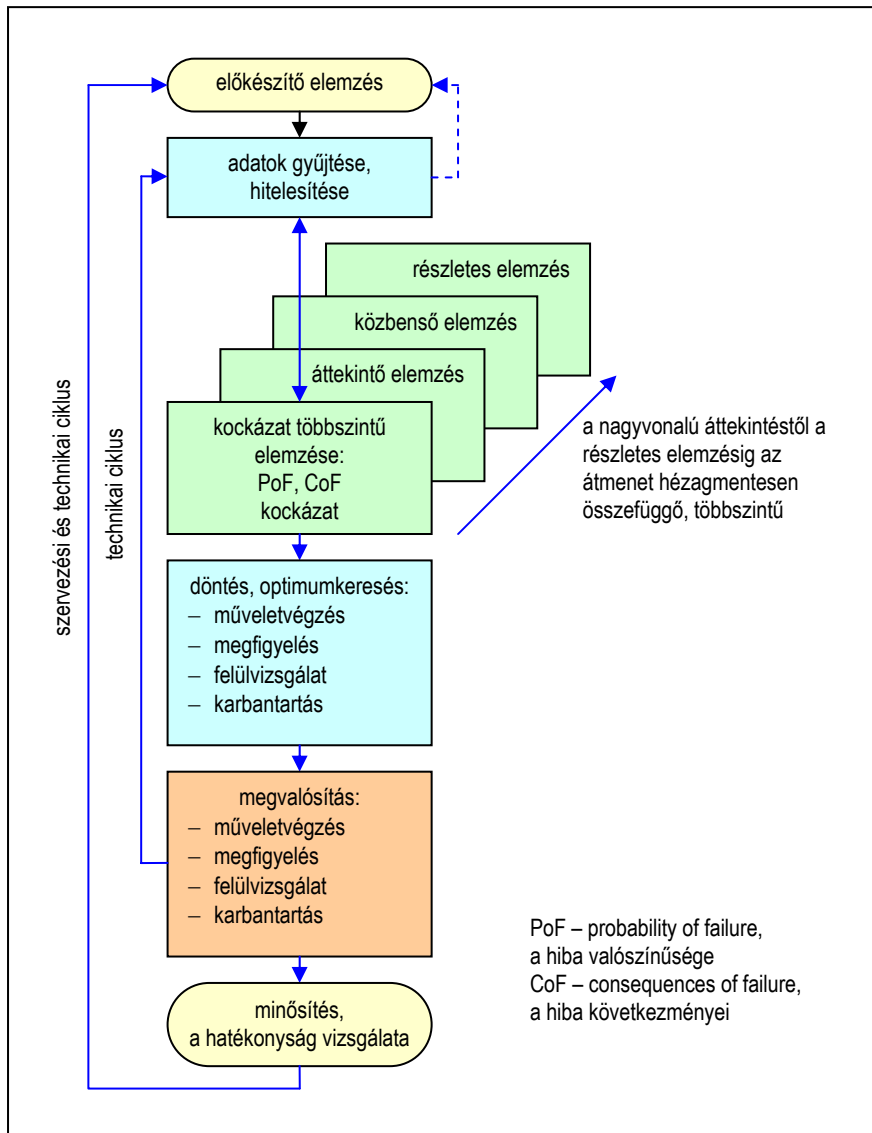
A RIMAP-módszer szerint a gép felülvizsgálatának, karbantartásának intézkedéseit ahhoz mérten tervezik, hogy a kockázati mátrixban mennyire minősül kockázatosnak a vizsgált alkatrész vagy szerkezeti egység hibajelensége. Elsősorban a legnagyobb kockázatú helyeken indokoltak a beavatkozások. A kockázatok osztályozásait felkészült

szakértők javaslatai és a felmért üzemi, valamint ráfordítási és meghibásodási adatok elemzése alapján határozzák meg. Minden megfigyelt kockázatos helyre vonatkozóan indokolt a kockázatok korlátozására, csökkentésére irányuló intézkedési terv összeállítása. Ez történhet gyakoribb ellenőrző méréssel, diagnosztikai eljárások alkalmazásával, meghatározott állapot esetén cserékkel és más intézkedésekkel.

Amennyiben a veszélyes ipari folyamatokban az emberre, illetve a környezetre vonatkozó kockázat bizonyos küszöbértéknél nagyobb, akkor egyes kiválasztott alkatrészekre, folyamatokra részletes, modellezéssel is támogatott kockázatminősítések írhatók elő. Nagyobb kockázati potenciál esetén ajánlott az átlagosnál nagyobb megbízhatóságú technikai megoldásokat választani az üzemi kockázatok mérséklése érdekében.



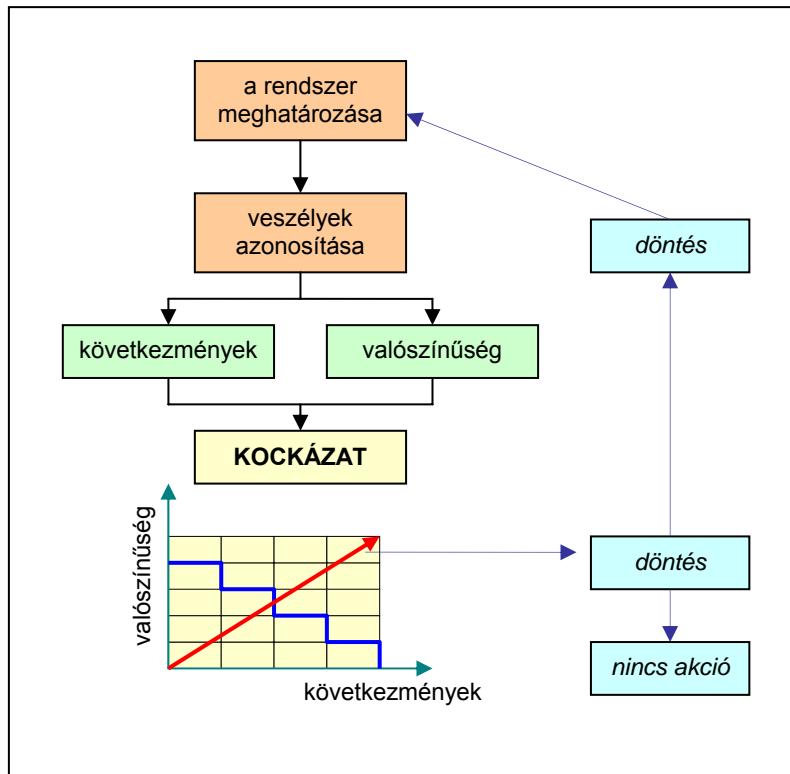
1. ábra A kockázatelemzés európai (RIMAP) rendszerének dokumentumai és eljárása



1. ábra folytatása A kockázatelemzés európai (RIMAP) rendszerének dokumentumai és eljárása

A RIMAP eredményeinek dokumentációja

A projekt átfogó (ún. I. szintű) dokumentumai magát a RIMAP-eljárást, annak kereteit ismertetik. A II. dokumentációs szint részletesen kifejti azokat az ajánlott kategóriákat, amelyekre a RIMAP-módszerhez eszközként szükség van: a károsodás mechanizmusainak leírásához, a PoF és CoF összefüggéseit szemléltető kockázati mátrix összeállításához, az emberi tényezők meghatározásához stb.



2. ábra A kockázat fogalmának tartalma

A III. dokumentációs szint többféle gyakorlati alkalmazáshoz készített kézikönyveké, ilyen pl. az erőművi, a kőolajipari, az acélipari és a vegyipari üzemek kockázatra épített karbantartási stratégiája a RIMAP-eljárással. A projekt említett dokumentumai a világhálón <http://research.dnv.com/rimapT> és <http://www.mpa-lifetech.de/rimap> címen érhetők el.

Felmérés készült 2001-ben arról, hogy mennyire terjedt el az európai országokban a kockázatra alapozott karbantartási stratégia. A felmérés eredménye szerint az ipari gyártási folyamatokhoz főként az API 581 amerikai szabványt és ágazatonként, egymástól elszigetelten kialakított speciális értékelési módszereket ajánlásait alkalmazták. A 2004-ben végzett újabb helyzetfelmérés szerint a korábbiaknál több európai ország vette át a kockázatra alapozott módszereket, főként annak következtében, hogy a hatóságok előírták a veszélyes üzemek tanúsítását, a fontosabb üzemi jellemzők rendszeres megfigyelését. A projekt felméréseibe bevonták az Európai Unió új tagországait is.

Az erőművi üzemfenntartás kockázathoz igazodó módszere – a RIMAP-eljárás gyakorlati alkalmazása

A németországi EnBW erőmű társaság részt vesz a RIMAP-eljárás gyakorlati alkalmazásának kísérleti igazolásában. Ezeket a kockázatra alapozott karbantartási stratégiákat elsőként a nagy hőmérsékletű kazánokra, csővezetékekre alakították ki. Meghatározták azokat a fontosabb hibajelenségeket, amelyek a fokozott üzemi terhelések következtében a nyomásos terekben kialakulhatnak. A szerkezeti anyagok tartós folyása, kifáradása a leggyakoribb hibaforrás.

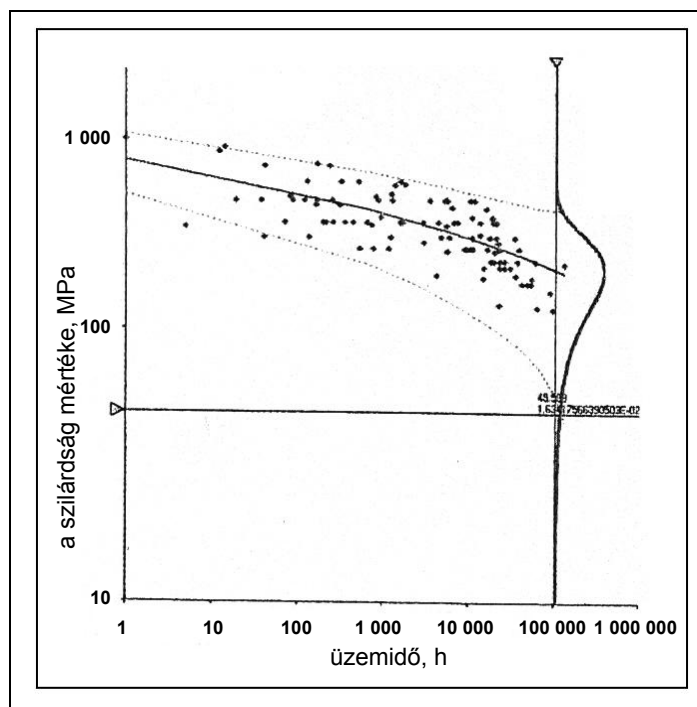
A Stuttgarti Egyetem szakemberei olyan számítógépes alkalmazói programot fejlesztettek, amely (ALIAS elnevezéssel) értékeli a kockázat alakulásának mennyiségi adatait, azok alapján támogatja a kockázati mátrixok összeállítását. A szoftver a széntüzelésű erőmű fontosabb folyamataira, a működtetett erőművi berendezéseikre és alkatrészeikre rendelkezésre álló megbízható adatokkal állapítja meg a tényleges kockázatok fokozatait. A fontosabb adatcsoportok a következők:

- az erőmű típusa, a blokkok üzembe helyezésének és általános (nagy)javításainak éve, az üzemvitel alapvető adatai, elrendezési és folyamatvázlatok, mérési eredmények adatkörei és megbízhatósága stb.,
- a működtetett erőművi berendezések és alkatrészeik gyártására, az üzem építésére jellemző alapadatok, pl. konkrét helyük, azonosításuk, feljegyzett üzemviteli, minőségi és karbantartási adataik, geometriai jellemzőik, anyagválasztékuk, pótlási értékük stb.,
- az erőmű működési adatai, pl. tüzelőanyag, termikus folyamatok és közvetítő közegek, nyomásállapotok, gradiensek a hőmérsékletekre, töltési és ürítési ciklusok, fellépő mechanikai igénybevételek (erőhatás, feszültség stb.),
- a berendezések felügyeletének megfigyelései, pl. a gépek indításakor, a rendszeres roncsolásmentes megfigyelésekkel, méréssorozatokkal, ide értve pl. a szemrevételezést, felülvizsgálatok során végrehajtott keménységmérést, falvastagságmérést, alakmérést, a körkörösség mérését, a röntgensugaras, mágneses és ultrahangos vizsgálatokat,
- a karbantartás megfigyelései, pl. az üzemzavarokra, az elhasználdott vagy repedt, törött alkatrészekre, anyagaikra, a hiba kialakulásának folyamataira vonatkozóan, a szükséges javító és egyéb beavatkozások adataival.

Az ilyen komplex üzemi rendszerek elemzése annál nagyobb ráfordításokkal járnak, minél részletesebbek a vizsgálatok a teljes erőműtelep adataitól a berendezések egyes részei, azok alkatrészei, szerkezeti anyagai, kritikus geometriai jellemzői felé haladva.

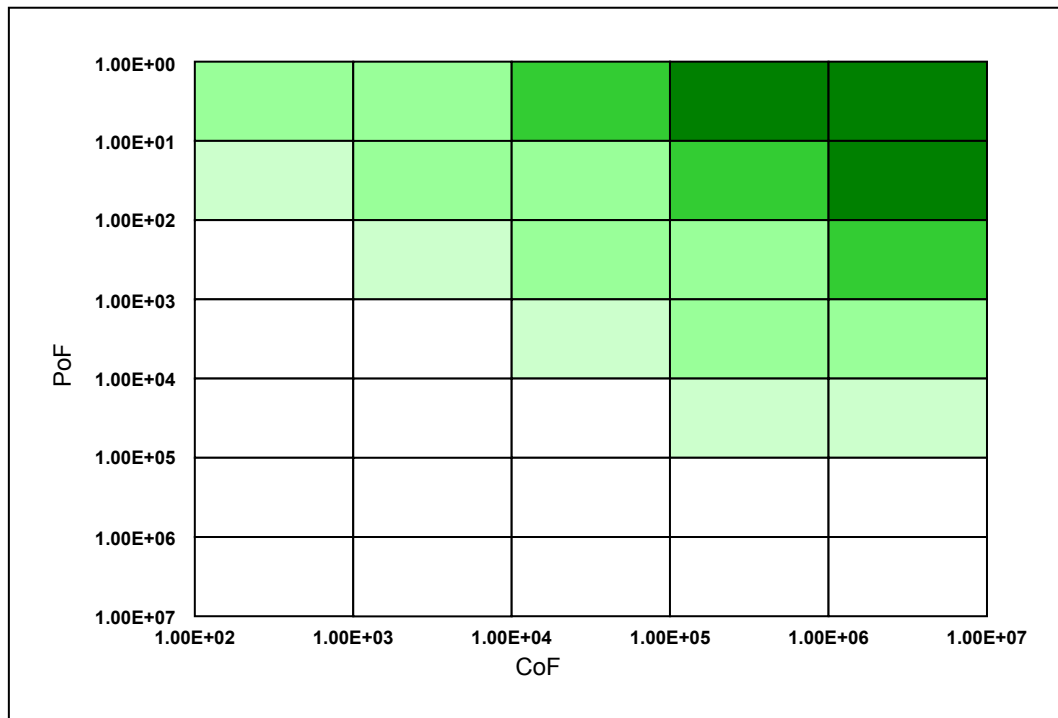
A karbantartási stratégia kockázatelemzési eljárása

A mennyiségi adatokra alapozott kockázatelemzést szemléltesse egy olyan igénybevételi grafikonon (3. ábra), amely a tartós folyás alakulását vázolja az üzemórák függvényében. Ennél a vizsgált szerkezeti anyag X20 CrMoV 12 1 minőségű hőálló ötvözött acél, amelynek tartós folyása a nagy hőmérséklet-különbség és az üzemi túlnyomás hatására fokozatosan növekvő mértékű, bizonyos szóródással. A burkológörbék által határolt mérési eredmények alapján meghatározható egyrészt a valószínűségi **eloszlás** „tölcsér” jellege az idő függvényében szélesedő szórási tartománnyal, másrészt az 550° C üzemi hőmérsékleten és 100 000 üzemórát követően veszélyessé váló **állapot**, amelytől kezdve a biztonságot veszélyeztetheti a tartós folyás, a fáradt szerkezeti anyag csökkenő szilárdsága. Az ALIAS programcsomag adatbázisában, kísérleti eredmények alapján rendelkezésre állnak ilyen tapasztalati mérési adatsorok.



3. ábra A tartós folyásból eredő hibák bekövetkezésének jellemzői (erőművi példa)

Ilyen meghibásodási jelleggörbét külön-külön kell összeállítani az egyes kritikus igénybevételű helyekre, modulokra, azok alkatrészeire, anyagaira. A kockázati mátrix azt is igényli, hogy számszerűsítsék a hiba következményeinek súlyosságát. Becslések szükségesek pl. a javítás és a csere várható ráfordításaira. Termelési veszteséget okoz a berendezés hiba miatti leállása, és ez mérhető jövedelemkiesésekkel, egyéb károkkal is jár. Vannak pénzben nem mérhető következmények is, különösen az embert és környezetét érő kockázatok körében.



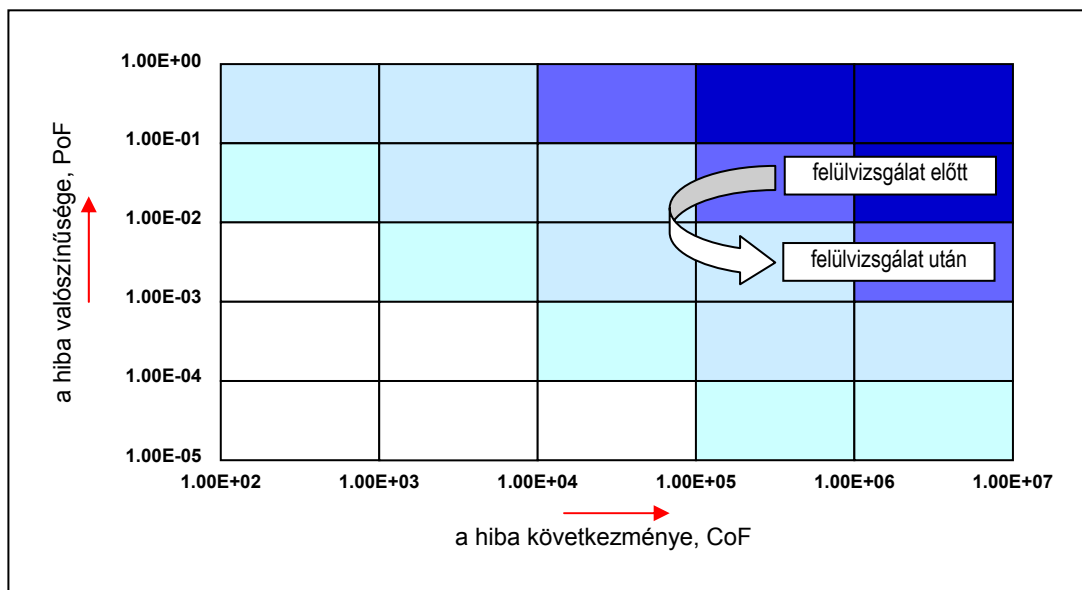
Megjegyzés: a sötét mezők nagyobb kockázatot jelentenek

4. ábra Erőmű alkatrészeinek kockázati mátrixa

A kockázati mátrixot a 4. ábra vázolja, a két dimenzió (PoF és CoF) koordinátaival. A karbantartók és üzemeltetők mint a RIMAP-módszer alkalmazói határozhatnak meg ilyen kockázati fokozatokat, konkrét üzemi viszonyaiknak megfelelő ismérvekkel, határértékekkel. A várható meghibásodásnak több, egymástól független oka is lehet, a szakértők ezek eredő valószínűségének levezetésére sajátos becslési eljárásokat alakítanak ki. A szoftver azt is javasolhatja, hogy milyen konkrét beavatkozásokkal csökkentsék az adott kockázatos alkatrész meghibásodásának esélyét még elfogadható fokozatokra. Ilyen szokásos karbantartási, felülvizsgálati műveletekhez ajánlott az elhasználódás folyamatának

megfigyelése a szokásos vizsgálati és folyamatirányítási információk időbeli alakulására tekintettel. Érdemes úgy csökkenteni a kockázatot, hogy a kritikus valószínűségi szintnél nagyobb fenyegetés esetén beavatkoznak, nem várva meg a tényleges meghibásodást (pl. a kazánfal vagy a csőfal kritikus elvékonyodását).

Az 5. ábra szemlélteti a hibák valószínűségének a felülvizsgálat előtti, illetve utáni alakulását. A költségek ismeretében (CoF) határozható meg a lehetséges intézkedések fontossági sorrendje. A szoftver alkalmas a teljes üzemre összegzett kockázatok optimumszámításaira. Előírható, hogy a megszabott üzemi rendelkezésre állást milyen karbantartási intézkedések kombinációjával lehet elérni, optimális összes kockázattal és ráfordítással. A németországi esettanulmányban összesen 64 erőművi modul kockázatait vizsgálták, ebből mindössze 7 kockázati potenciálja indokolta a karbantartási stratégia szerinti beavatkozást, pl. a felülvizsgálati eljárások változtatását. A többi elemzett alkatrész a kockázati mátrix kevésbé veszélyeztetett mezőiben helyezkedik el, ami különleges intézkedéseket nem indokol.



5. ábra Erőművi alkatrészek kockázati mátrixának mezői

Kockázatalapú értékelő eljárások tartályok példáján

Az elmúlt tíz évben különféle iparágakban való gyakorlati alkalmazhatóságig fejlődtek az ún. kockázatorientált értékelő és felügyeleti eljárás-

sok. Ennek jegyében irányelvek, útmutatók és egyéb segédeszközök láttak napvilágot elsősorban a petrokémiára vonatkozólag Nagy-Britanniában és Norvégiában, Hollandiában pedig a törvényes szabályozásban is helyet kaptak. Európai szinten a RIMAP-eljárást előkészítették a CEN-ben (Európai Szabványbizottság) való megtárgyalásra.

Rugalmasabb karbantartási és gépápolási eljárások bevezetésére költségmegtakarítást, a berendezések javított üzemképességét, csökkent üzemi kockázatot és általában optimált üzemi folyamatokat remélve évek óta vár az ipar.

A felügyelet (inspekció) mint költségtényező kritikai megítélését és egy optimált karbantartási stratégiában új pozícióba helyezését a vállalaton belüli benchmarking mellett a német üzembiztonsági rendeletben szereplő „nyitási cikkely” is alátámasztja, amely szerint ugyanazt a biztonságot másképp is el lehet érni, mint az előírt ütemben végzett vizsgálatokkal és ugyancsak előírt vizsgálati tartalommal. Ésszerűbb a károk megjelenésének valószínűségéből és egy-egy meghibásodás mértékéből kiindulni.

Lapos fenekű tartályok felügyelete

A lapos fenekű tartályok belső vizsgálata ötévenként kötelező és együtt jár a tartalmuk kiöntésével. Ez nagy költségterhet jelent a tisztítási műveletek és a tartályok forgalomból való kivonása miatt.

Kettős fenekű tartályok szükségtelessé tennék a belső vizsgálatot, hátrányuk viszont, hogy a szivárgásfigyelés csak igen/nem eredményt hozhat. Ugyanakkor egyrétegű tartályokra is gyakran engedélyezi a hatóság a vizsgálati határidők egyedi meghosszabbítását. Kívánatos tehát – a tervezés biztonsága érdekében is – egy egységes rendszer rögzítése, amely kiterjed a jogi keretfeltételekre, a tartályok felállításának helyszíni feltételeire, a használati üzemmódra, a konstrukcióra, ténylegesen fennálló vagy elvben lehetséges károsító mechanizmusokra, a tartályok „előéletére” és aktuális állapotára.

Az elérendő célok pedig lehetőség a tartályok állapotának és hátralevő használati idejének mindenkorai megállapítására, valamint az adott helyzetre alkalmazott felügyeleti és karbantartási rend (határidők, módszerek, terjedelem és mélység) meghatározására.

- **Törvényes szabályozás – Németország**

Németországban a tartályok az éghető folyadékokra vonatkozó rendelet érvényességének 2003. évi megszüntetése óta alapvetően a víz-

gazdálkodási törvény és az üzembiztonsági rendelet alá tartoznak. Az előbbi hatálytalanítási folyamat során formális okokból az éghető folyadékok műszaki szabályzatát (TRbF) be kell építeni az üzembiztonsági rendeletbe, de ennek végrehajtásáig a TRbF mai megfogalmazásában érvényes.

A törvényi környezetnek a felügyeleti és karbantartási rend kialakítását érintő hatásával kapcsolatban és a felsorolt feladatok keretében elsősorban a belső vizsgálatokhoz szükséges tartálynyitási körülményeit kell pontosan meghatározni.

Egyrétegű lapos fenekű tartályok továbbhasználatára a TRwS 133. műszaki szabályzat adja meg az ismétlődő belső vizsgálatok és falvastagságmérések rendjét. A tartály és a tárolt anyag vízveszélyeztetési besorolásától függően a legközelebbi kötelező vizsgálat időpontja akár 20 évnire is lehet (ez nagy viszkozitású anyagokra és évente legfeljebb 0,01 mm-es anyaglehordás (korrózió) esetén érvényes. Az üzembiztonsági rendelet értelmében a tartályok akkor sorolandók a felügyeletet igénylő kategóriába, ha

- bármilyen fokozatú (könnyen→erősen) gyúlékony közeget tárolnak és
- úrtartalmuk meghaladja a 10 000 l-t.

Az üzembiztonság mértéke a mindenkor legmagasabb műszaki szint, amelyet az illetékes szövetségi minisztérium üzembiztonsági bizottsága definiál. Az ugyancsak hatóságilag elismert szerv által rendszeresen végzendő, a tartályok rendeltetésszerű állapotát ellenőrző vizsgálatok időközzeit biztonságtechnikai értékelés és a veszélyeztetés megítélése alapján kell megállapítani. Az intervallumok hossza legfeljebb öt év. A belső vizsgálatot – pl. a nyomótartályokkal ellentétben – az üzembiztonsági rendelet általában nem, csak akkor írja elő, ha a záró tömörség hiánya a talajban nem ismerhető fel gyorsan és kellő biztonsággal.

Az illetékes hatóság – ugyanúgy, mint a vízgazdálkodási törvény esetében – ezúttal is engedélyezheti a vizsgálati időközök meghosszabbítását, amennyiben a biztonság más módon szavatolható.

- Fejlesztés, intézkedések az USA-ban és Japánban

Az USA-ban a Risk-Based-Inspection (RBI) gyakorlata van érvényben, amely merev vizsgálati rend helyett az alkatrészek mindenkor állapotát és a veszélyeztetési potenciált veszi figyelembe, de az RBI alkalmazása részleteiben a helyi szabályozástól és az üzemeltető „filozófiájától” függ. A vizsgálati időközök kötelező hossza néhány évtől 20 évig terjed.

A földfelszín alatti lapos fenekű tartályokra az RBI szellemében megfogalmazott követelményeket az USA „API 581” dokumentuma tartalmazza. Ebben lényeges a talaj (floor) és a köpeny (shell) megkülönböztetése, amelyekre külön LoF (Likelihood of Failure = károsodási valószínűség) és CoF (Consequence of Failure = hibák következménye) meghatározások találhatók.

A LoF-értékek meghatározásához a megadott módszerekkel meg kell mérni az aktuális állapot jellemzőit és a korróziós lehordást, továbbá fel kell használni a korábbi vizsgálati eredményeket. Mindezeket figyelembe veszi a GFR (Generic Failure Rate = általános meghibásodási ráta) mint korrekciós tényező. A következmények minősítése tisztán gazdasági tételek (tisztítási, javítási és kiesési költség, pénzbüntetések) alapján történik.

A GFR kiszámításához 10 év alatt (1983–1993) az USA-ban bekövetkezett tartálykárosodást értékelték. Ez 10 300 olyan tartály káresetét öleli fel, amelyek közül 9000 túl volt 15 éves üzemidején (1. táblázat). A tartályoknak túlnyomórészt fenéklapja (nem köpenye) sérült, mégpedig lyuk (nem repedezés) formájában.

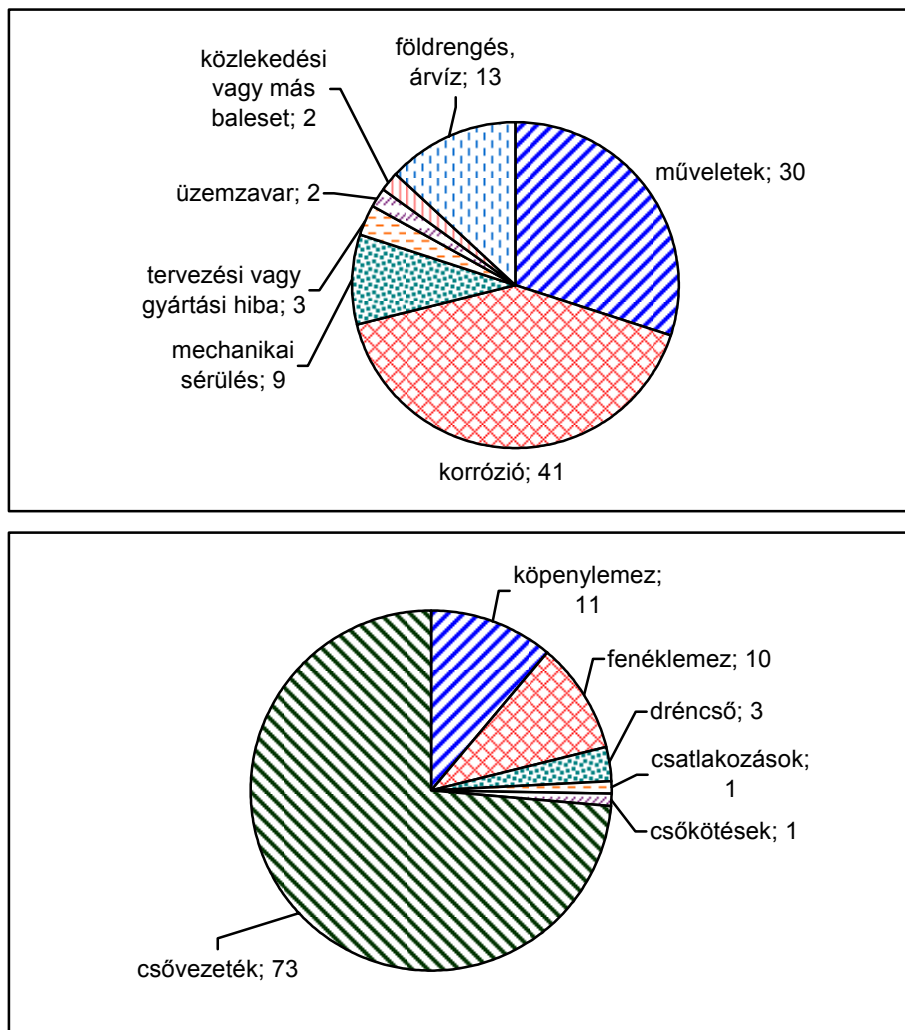
1. táblázat

10 300 tartály hibájának értékelése az USA-ban

| Sérülés | Előfordulás | Általános meghibásodási ráta |
|------------------|-------------|------------------------------|
| Fenékhiba, 98,6% | | |
| lyukak (<12 mm) | 99,7% | $7,2 \cdot 10^{-3}$ |
| repedezés | 0,3% | $2,0 \cdot 10^{-4}$ |
| Köpenyhiba, 1,3% | | |
| lyukak (>3mm) | 99,9% | $1,0 \cdot 10^{-4}$ |
| repedezés | 0,1% | $1,0 \cdot 10^{-7}$ |

Japánban hasonló programot (Tank Global Diagnosis Optimization) vezettek be, amely hangsúllyal az RBI-módszereknek az országos kőolajtartalékok tartályokra való alkalmazásával foglalkozik. Elfogadja az API 581 előírásait, japán viszonyok szerint módosítva, ami elsősorban hazai generikus hibaráta meghatározását jelenti, szintén terjedelmes adatbázison (6. ábra).

A kiértékelésből kiderül, hogy a folytonossági hiányokat éppúgy előidézhetik üzemi és gépi hibák, mint korrózió, továbbá az a fontos tény is, hogy a lyukak 75%-a nem magán a tartályon (fenéken vagy köpenyén), hanem csatlakozó részeken, pl. csővezetékeken keletkezik.



6. ábra Folytonossági hiányok képződésének okára és helyére vonatkozó japán vizsgálati eredmények (%)

- Alkalmazás Németországban

Az amerikai eljárás a kockázati eredményt USD/év egységben adja meg, ami segíti a beruházási és a felügyeleti programmal kapcsolatos döntéseket. A tisztán monetáris értékelés változatlan alkalmazását nem engedi meg az „aggodalmas” német vízjog. A károsodások pénzbeli vonzatából, ill. az ezt is magába foglaló pusztán kockázatból való kiindulás német viszonylatban elfogadhatatlan.

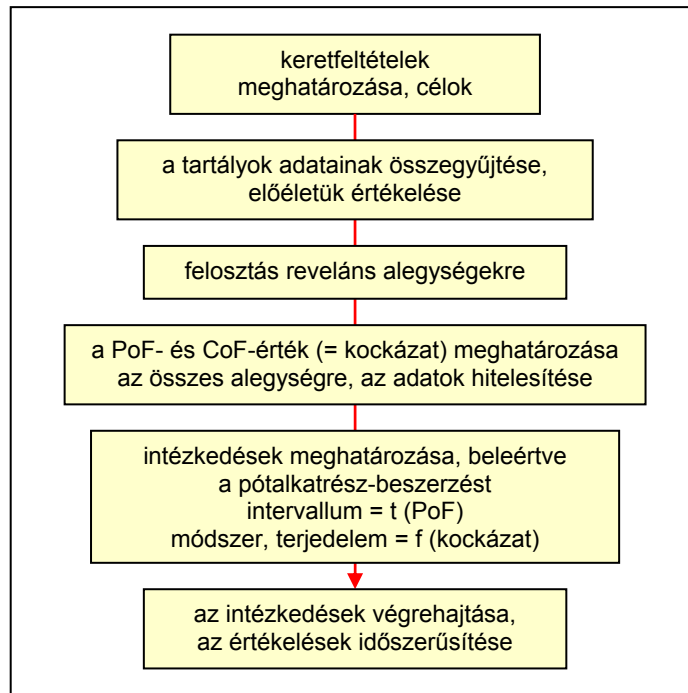
Ennek ellenére a lyukképződés következménye mint tájékoztatói bázis elvben összhangban van a tartályokra alkalmazandó szabályozással. Voltaképpen erre az alapelvre épülnek a maximális vizsgálati időközök kiszámításának táblázatai is, tehát a tartálykonstrukciók értékelése a felállítás helyszínével kapcsolatosan ésszerű osztályozást enged meg.

Másfelől az API 581 dokumentum részletes, jól megalapozott eljárásokat és kritériumokat tartalmaz pl. a korróziós ráták, a tartályfenék minőségi jellemzői és a felügyeleti hatékonyság meghatározására, amelyeknek eredményei befolyásolják a hibavalószínűséget. A cél tehát összhangot teremteni egyfelől a módszertani bázis és a kidolgozott és használható módszerek, másfelől a szabályozás alapelvei között.

- A kockázatcsökkentés rendszere

- Az indító lépésben kell meghatározni a szervezeti kereteket, ezen belül az egyes felügyeleti, karbantartási, üzemi, biztonság- és környezettechnikai munkacsoportok összetételét és kapcsolódásait, felmérni a rendszerhez tartozó tartályok számát, a rendelkezésre álló adatokat, a határidőket stb. Fontos még tisztázni, hogy mely hatóságokat kell tájékoztatni, ill. döntésekbe bevonni és mely időpontban.
- A tartályok műszaki és „előéleti” adatainak összegyűjtéséhez fel kell használni szerkezeti rajzokat, anyagjegyzékeket, átvételi jegyzőkönyveket, az üzemi feltételek ismertetését stb. A tartályok gyártási adatait a vizsgálatok eredményeiből lehet kiegészíteni. Ez utóbbiak és az aktuális állapot összevetése módot ad a meghibásodási mechanizmusokra való következtetésekre is.
- A meghatározó aleggységek szerinti felosztás az előző értékelések eredményeinek felhasználásával történik a tartály valamennyi releváns tartományára és kapcsolt részeire kiterjedően (7. ábra).
- Az alkatrészek PoF- és CoF-értékének meghatározásánál kiemelendők az eltérések az API 581 szabályzattól. A PoF-kategóriák megállapításának német eljárása nem az általános meghibásodási rátán, hanem a RIMAP-módszeren alapszik. Itt döntő az alkatrészek egy-egy periódus (pl. a vizsgálati időközök) végére érvényes kihasználtsága, amelynek 1-nél nagyobb értéke nem kívánatos állapotra utal. Ez az elfogadott definíciótól függően jelentheti korróziós réteg kialakulását, de azt is, hogy a falvastagság nem éri el a minimálisan megkövetelt értéket, tartályfal esetében a 3 mm-t.

Az 1-es határérték értelmében minden ennél kisebb terhelési érték elfogadható, de érzékeny skála szerint rangsorolandó (8. ábra). Megjegyzendő, hogy a terhelés (amelynek inverze a biztonság) mint a megítélés alapja, közelebb áll a német gondolkodási módhoz, mint a tisztán valószínűségi értékek. Emellett így közvetlenül beépülhet az idő, azaz az ellenőrzések üteme is.



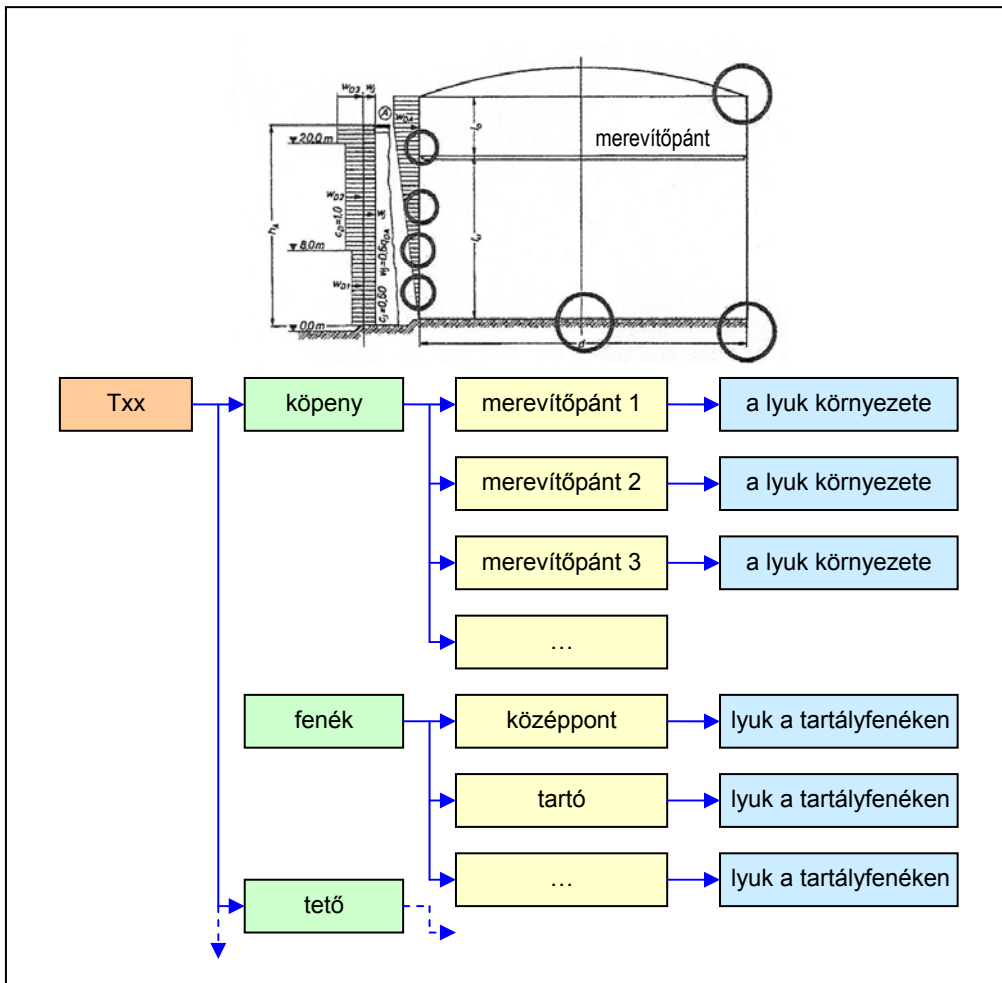
7. ábra Műveleti sorrend

- A szükséges intézkedések meghatározása
 - részint a PoF (az ésszerű vizsgálati intervallum) szerinti besorolás,
 - részint a kockázat (a vizsgálat módszere és terjedelme)
 alapján történik. A törvényes szabályozással összhangban az egyéb CoF-csoportokhoz a vízjogi kritériumrendszerbe illeszkedő maximális időtartamokat rendeltek, amelyek megegyeznek a TRwS 133-ban találhatóakkal.

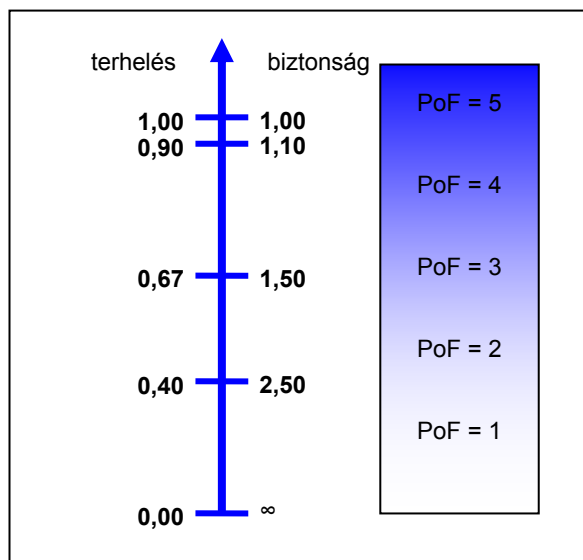
Ez azt jelenti, hogy pl. egy C kategóriájú hibakövetkezményekkel járó (a TRwS 133 szerint 4 osztályú) tartályt elég 15 évenként ellenőrizni, amennyiben az intervallum végén megengedi annak állapota, vagyis a PoF1 vagy PoF2 minősítést kapja. Ha a PoF-érték 2-nél nagyobb, a vizsgálati intervallum 10 év akkor is, ha a számítás ennél hosszabb időt eredményezett (9. ábra). Az intervallumok szerinti kiértékelés alapján (10. ábra) az ábrázolt tartályok közül csak egynek (a 6. sz.) a vizsgálati időközai érhetik el a 15 évet, a 4-es tartálynál, a fenék állapota miatt 5 évnél rövidebb intervallumot kell kijelölni.

Az itt ismertetett eljárás alkalmazásának előnyei:

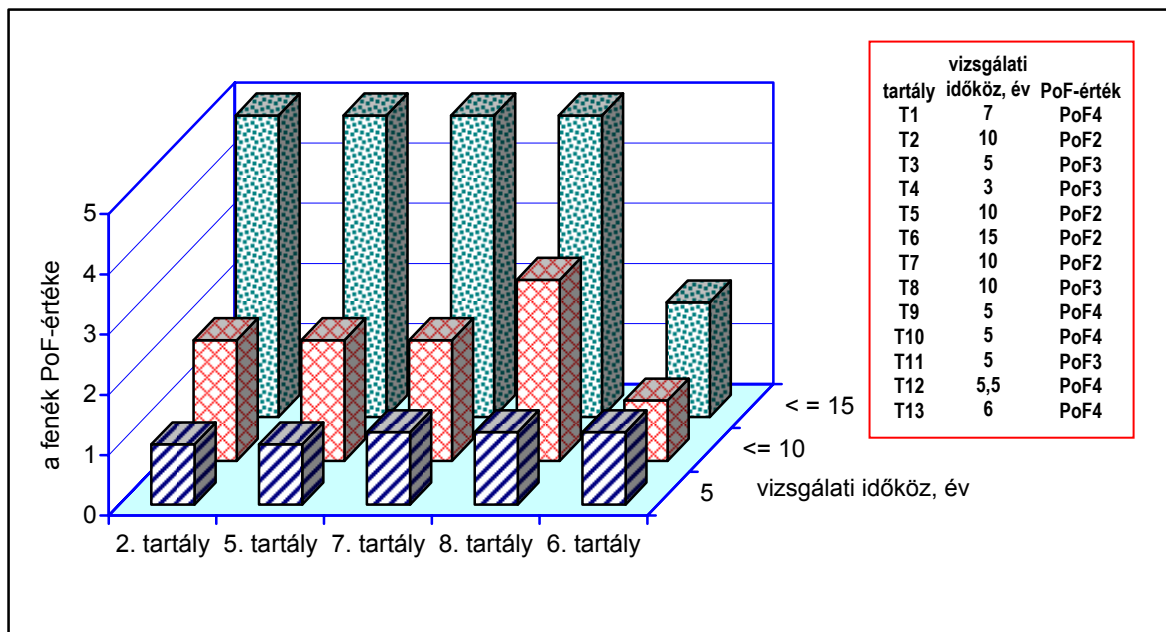
- az egyes tartályok és alkatrészeik állapotának egyedi és mennyiségi megítélése,



8. ábra Lehetséges felosztás alkatrészekre és alegységekre



9. ábra A PoF-kategóriák beosztása



10. ábra Különböző tartályok vizsgálati időközei

- megegyezés a követendő szabályokkal és a följük rendelt RBI-irányelvekkel,
- vizsgálati és felügyeleti jegyzőkönyvek részletes kiértékelése károsodási mechanizmusok, az aktuális állapot és a meghibásodás előrehaladása szempontjából,
- az adottságokhoz alkalmazkodó felügyelet és karbantartás (határidő, módszer, terjedelem),
- készítés a lényeges vizsgálati és felügyeleti eredmények teljes követhető és ellenőrizhető dokumentálására,
- lehetőség hosszú távú tervezésre folyamatosan időszerűsített megbízható értékelések alapján,
- esedékes helyreállítások rövid távú megtakarítások kedvéért való elodázásának elkerülése.

A felsorolt előnyök kedveznek a felügyeleti intézkedések rugalmas kialakításának is. Ezzel kapcsolatban érvényes az a gyakorlati javaslat, hogy a felügyeletben érintett két hatóság (vízügy és az üzembiztonságnak alárendelt szervek) közül, bár mindegyikkel fel kell venni a kapcsolatot, minél hamarabb ki kell választani az engedélyező eljárás „vezetőjét”.

A felügyelő hatóságokkal törekedni kell hosszú távra szóló, „teherbíró” koncepció kidolgozására, mivel az egyes tartályokra vonatkozó szak-

értői vélemények utólag nem realizálhatók. Az itt vázolt eljárás alkalmas a szabályszerű vizsgálatot megelőzően a teljes értékű bizonyításokhoz szükséges pótlólagos intézkedések meghatározására is.

Összeállította: Dr. Boros Tiborné

Irodalom

Bareiss, J.; Roos, E.; Jovanovic, A. stb.: Risk-based maintenance concept – European development and experience in implementation on high-temperature steam tubes and pipes. = VGB PowerTech, 86. k. 1–2. sz. 2006. p. 77–82.

Jovanovic, A.: Risk-based inspection and maintenance in power and process plants in Europe. = International Journal of Pressure Vessels and Piping, 81. k. 2004. p. 815–824.

Kauer, R.; Kleilhofer, P.: Flexible Prüfkonzepte für Flachbodentanks durch risikoorientierte Bewertungsverfahren. = TÜ Technische Überwachung, 46. k. 11/12. sz. 2005. p.19–24.