Kovács Z. - Pató Gáborné Szűcs B. : Kockázatmenedzsment a karbantartásban.
”Megbízhatóság és kultúra” XVIII. Nemzetközi karbantartási konferencia, Veszprém, 2006. június 12-14. 1-6. o.

Kockázatmenedzsment a karbantartásban

Kovács Zoltán, egyetemi tanár, Veszprémi Egyetem, Szervezési és Vezetési Tanszék
Pató Gáborné Szűcs Beáta, egyetemi tanársegéd, Veszprémi Egyetem, Szervezési és Vezetési Tanszék

1. Bevezetés

A kockázatelemzésnek a termékek – és így a gépi berendezések – teljes életciklusában van jelentősége az ötlet felmerülésétől a tervezésen és gyártáson át a használatig, sőt a selejtezésig és utána is, mégpedig a tapasztalatok kiértékelése kapcsán. Ez igaz egy adott típusra és annak egyedeire is.

A karbantartás és a kockázatelemzés kapcsolatának hosszú története van. A klasszikus megbízhatóságelmélet karbantartási alkalmazása egyértelműen, számszerűen is megjelenítette a kockázatot. A később kialakult RCM (megbízhatóságközpontú karbantartás) alapját jelentő FMEA elemzésnek pedig már egyértelműen a kockázatelemzés jelenti a súlypontját.

Az előadásban és jelen cikkben összefoglaljuk a kockázatelemzés karbantartási vonatkozásait.

2. A kockázatmenedzsment módszertana

A kockázat fogalma – a megbízhatóságéhoz hasonlóan fejlődésen ment keresztül. A kezdetben alkalmazott valószínűségi megközelítéstől már eljutottunk az összetett kockázatkoncepciókig.

A fontosabb kockázat-összetevők:

Előfordulás: A meghibásodások és egyéb (például projekt)hiba száma bizonyos időtáv, vagy időegység alatt. Ha a meghibásodások valóban bekövetkeztek, akkor mérhető a gyakorisággal, (ami a valószínűséget közelíti). Az ér-

tékelésére azonban akkor is szükség van, ha még nem következett be az adott hiba. Megjegyezzük, hogy a hibamegelőzési logikából az következik, hogy az elemzés során különös hangsúly legyen a még nem bekövetkezett potenciális hibákon. A már bekövetkezett hibák jövőbeni megelőzésére teendő intézkedések kidolgozása nem igényel feltétlenül fejlett kockázatelemzési/menedzsment módszert. A gyakoriság mérésére kézenfekvőnek tűnik a valószínűség, vagy gyakoriság, azonban a gyakorlatban nem ezt alkalmazzák. Ennek csak részben oka az adatgyűjtéssel és a mérési skálákkal kapcsolatos problémák. Elvi ok, hogy az azonos gyakoriság/valószínűség a különböző körülmények között értékelhető kicsinek vagy nagynak. Például ami előfordulás alacsony a kerékpár láncánál, az már nagy lehet egy repülőgép hajtóművénél. Ez a probléma arra is utal, hogy az előfordulás és a – következőkben tárgyalandó - súlyosság mérési skálái nem teljesen függetlenek egymástól.

Súlyosság, következmény: Az egy alkalommal bekövetkező esemény (hiba) következménye. A következmény lehet:

- Gazdasági (kár, elmaradt haszon).
- Biztonsági (egészségügyi károsodás, sérülés, halál).
- Környezeti.

A méréshez itt is adódna egy kézenfekvő skála: a pénz. Ezzel azonban - túl azon, hogy minden, például az egészség, emberi élet nem mérhető pénzzel – merülnek fel problémák. Ugyanazon összegű kár más súlyosságú leget egy kisvállalkozás és más egy nagy vállalat számára. Ezért – az előforduláshoz hasonlóan – ezt (is) célszerű pontskálán mérni.

Felismerhetőség: A nehéz felismerhetőség nagyobb kockázatot hordoz. Ennek mérésére megítéléses pontskálát célszerű használni.

Szabályozhatóság, befolyásolhatóság: A kockázatok csökkentése, befolyásolása különböző mértékekben lehet nehéz, bonyolult. Ez figyelembe vehető az értékelésnél.

Kritikusság (minőség, törvényesség): A nagyobb súlyosságú esetek lehetnek kiemelten kezelendők, a többi tényezőtől függetlenül.

Erőforrásigényesség: A beavatkozások (javító, megelőző tevékenységek) különböző mértékű erőforrásokat igényelnek. A nagymértékű erőforrásigény

vezethet olyan következtetésre, hogy a megelőzést nem lehet, vagy nem célszerű elvégezni. Ekkor a kockázat fennmarad.

2.1. A kockázatok forrásai

A kockázatok különböző forrásból származhatnak.

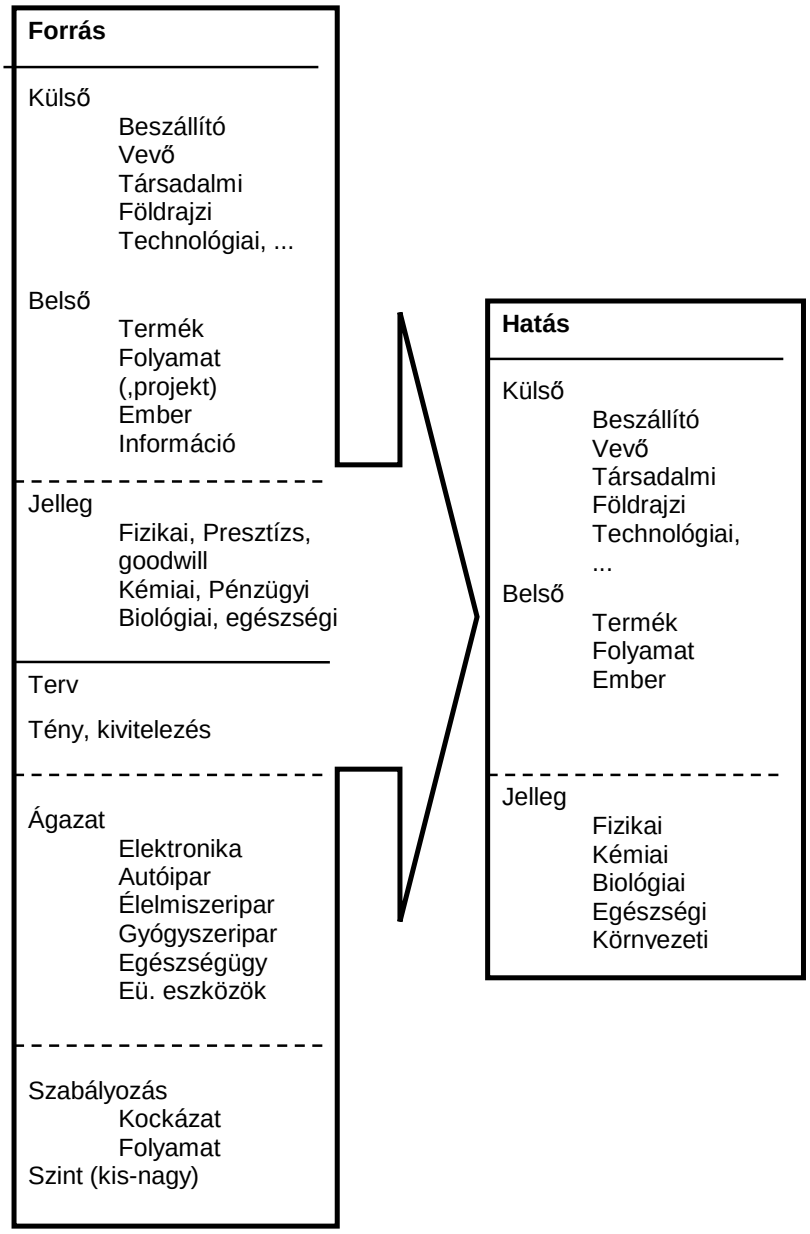
Ezek különböző szempontok szerint csoportosíthatók. (1. ábra.)

A forrás helye szerint a kockázat – a vállalat szempontjából – lehet külső és/vagy belső. A külső környezet – mint általában – ebben az esetben is többféleképpen érthető. Lehet fizikai, földrajzi környezet, de lehet elvont, például jogi, informatikai, és más egyéb is.

A kockázatok belső forrásai ugyancsak többféle szempontból tekinthetők. Ilyenek például a fizikai anyagáramok, irányítás, emberek, információ. Ebből adódóan a konkrét jelleg is lehet például mechanikai, kémiai.

Kockázat származhat a nem megfelelő tervből, előírásokból, de abból is, hogy ezeket nem megfelelően hajtják végre. (A gyakorlatba az is előfordul, hogy a nem megfelelő terv kockázatát a be nem tartásával csökkentik. Ebben az esetben helyesebb a tervet módosítani …)

A különböző iparágaknak, szakterületeknek saját kockázatkezelési ajánlásaik vannak. Ezek közül kiemelhető az autóipar, elektronikai ipar, gyógyászati eszközök (FMEA), vegyipar (HAZOP), élelmiszeripar (HACCP), atomerőművek (PSA/PRA), gyógyszeripar (GMP/GLP/GHP-n belül), informatika (a BS 7799-en belül) . A NASA-nál például a „Reliability Practices” alatt fogják összesze az alkalmazott megoldásokat.



1. ábra. A kockázatok különböző forrásokból származhatnak és többféle területen jelenthetnek problémát.

A különböző berendezések és maga a karbantartás folyamata is kockázatokat hordoz.

2.2. Kritikus területek

Az ipar katasztrófák története tulajdonképpen helytelen kockázatelemzések sorozata. Ezek egyrésze kapcsolható a karbantartáshoz, vagy eszközök helytelen tervezéséhez. Az alábbiakban néhány eset a legvalószínűbb okok feltüntetésével.

Aplló 1: meghibásodás, tervezési problémák, tesztelés.

Apollo 13: meghibásodás, tervezési problémák akadályozták az elhárítást.

Csernobil, Bophal, Three Mile Island: leállási, karbantartási problémák.

Guidant, Abott: orvosi eszközök: tervezés.

Gépjármű visszahívások: tervezés, karbantarthatóság.

Bányaszerencsétlenségek: folyamatok, előrejelzés

Foglalkozási ártalmak: tartós expozíció, tervezés.

Mit tartalmaz az emberi vér? : tartós expozíció, tervezés.

- használat során,
- átültetve.

(Tele)banki tranzakciók

Projekt határidő (pl. termékfejlesztés).

A fentiek értelmében a kockázatmenedzsment célja a

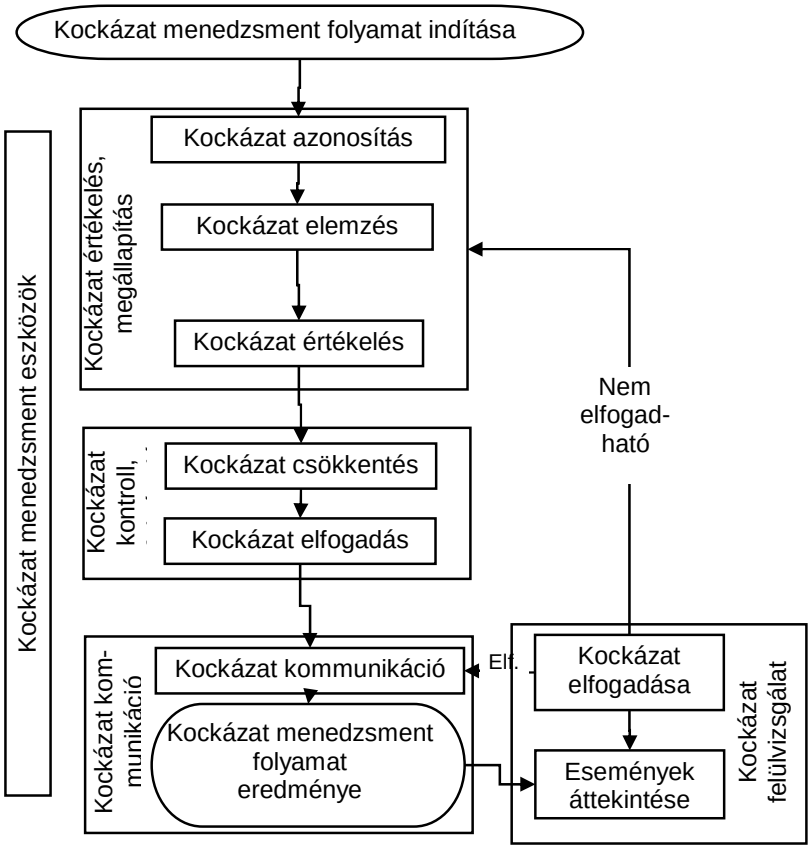
- a minőség (megfelelőség),
- emberi élet, biztonság,
- környezet
- információ

védelme.

Ezt célszerű egyidejűleg az összesre összpontosítva (integrált szemléletben) elvégezni. A hangsúlynak nem annyira a korrekción (feedback) mint inkább a megelőzésen (feed forward) kell lennie.

2.3. Megvalósítás

A kockázatmenedzsment folyamata az alábbi ábrán látható: (2. ábra.)



2. ábra. A kockázatmenedzsment folyamata.

A karbantartási kockázatmenedzsment ...

... egy szisztematikus folyamat a gépekkel és a karbantartási tevékenységgel kapcsolatos kockázatok értékelésére, befolyásolására, kommunikálására és felülvizsgálatára a gépek életciklus során.

A beazonosított kockázati tényezők bekövetkezési valószínűségének és projektre gyakorolt hatásának megállapítására különböző megközelítések lehetnek:

- kvalitatív megközelítés,
- kvantitatív megközelítés,
- érzékenység vizsgálat,
- valószínűségi elemzés.

Fontosabb szabványok:

MAGYAR SZABVÁNY MSZ EN ISO 14971:2000/A1
Orvostechnikai eszközök.
Kockázatirányítás alkalmazása orvostechnikai eszközökre.
1. módosítás: A követelmények magyarázata
(ISO 14971:2000/AM1:2003)
Az MSZ EN ISO 14971:2003 módosítása.

A kockázatirányítás a minőségirányítási rendszer része lehet: Az ISO 13485:1996, 9001, 9000-3, 10993-1, 13485, 14969, 60300-3-9, 60513, 60601-1-4, 60812, 61025, 12442-1

ISO BS 7799

Módszertani szabványok

60300-3-9, Dependability management. Part 3: Application guide. Section 9: Risk analysis of technological systems.

IEC 60812, Analysis techniques for system reliability. Procedures for failure mode and effects analysis(FMEA).

IEC 61025, Fault tree analysis (FTA).

IEC 61882, Guide for hazard and operability studies (HAZOP studies).

3. Kockázatelemzési módszerek

A módszerek közös sajátosság : megelőzni a hibákat, mielőtt bekövetkeznének.

Hibamód- és hatáselemzés ((Failure Mode and Effect Analysis: FMEA)

Az FMEA lépései

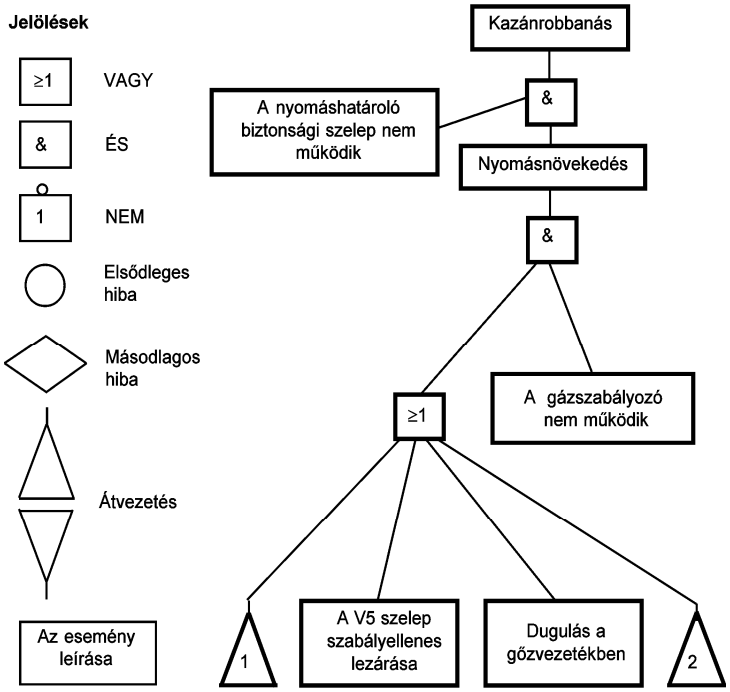
1. Felbontás részekre
2. Funkció elemzés (FA)
3. Hibamódok meghatározása
4. A hibamódok hatásának elemzése
5. A súlyosság elemzése
6. Az előfordulás valószínűségének becslése
7. A jelezhetőség, felismerhetőség elemzése
8. A kockázat elemzése
9. A helyesbítő tevékenység meghatározása.

1. táblázat. Az RCM a kockázatot a kockázatok karbantartási tevékenységekkel befolyásolja.

Kód	**Megnevezés**									
Rend-szer:*1*										
Alrend-szer: *1*										
	Hibamód **Funkcionális hiba**		**Karbantartási beavatkozás**							
			Sz	**D**	**T**	**K**	**B**	**J**	**Cs**	**E.**
		Osztály	**Két karbantartás között eltelő idő (hónap)**							
										X

©Kovács Zoltán

Hibafaelemzés (Fault Tree Analysis: FTA)



3. ábra. Az FTA lépései.

Veszély- és működtethetőségi tanulmány (Hazard and Operability Study: HAZOP)

Hasonló az FMEA-hoz

Eredetileg vegyiparban működtetés

A kockázat forrása: eltérés a tervezettől

Hogyan fordulhatnak elő eltérések, mi ezek következménye?

A rendeltetésszerű használattól való eltérések azonosítására irányítószavakat használ.

PSA - A biztonság valószínűségi becslése

(Probabilistic Safety Assesment, PRA: Probabilistic Risk Assesment)

Célja: matematikai modellek segítségével becsült, vagy tapasztalati úton szerzett gyakorisági értékek felhasználásával számszerű eredményt adni egy esemény várható bekövetkezési valószínűségére egy adott időtartamra.

Zavaró események és részesemények feltárása. (FTA)

Bekövetkezési valószínűségek a kölcsönhatások figyelembe vételével.

Kapcsolat a hibaesemények és a lehetséges baleseti események között,

Okozati elemzés a létesítmény teljes életciklusára.

A PSA menete:

Kezdeti események

CD- Core Demade – zónaolvadás

Hibafa felállítása – logikai kapcsolatok

Valószínűségek kiszámítása (siker – hiba)

Az emberi hibák figyelembe vétele, (mozdulatsorok szintjéig – A13!)

HEP(Human Error Probability) =
RF(helyreállítási tényező) x
PF(végrehajtási tényező) x
DF(függőségi - megbízhatósági tényező) x
BHEP(emberi hibák bekövetkezésének minimális valószínűsége).

HACCP (Hazard Analysis, Critical Control Point)

Veszélyelemzés, Kritikus Szabályozási Pontok,

Az élelmiszerekkel kapcsolatos tevékenységek valamennyi lépéséhez kötődő veszélyek megállapítására, elbírálására, ezek szabályozására szolgáló módszerek meghatározására, valamint a kritikus szabályozási pontok megállapítására irányul.

A HACCP menete

1. Vezetői szeminárium, információgyűjtés
2. Folyamatábrák elkészítése
3. Veszélyelemzés
    - a kritikus pontok azonosítása
    - a szabályozási pontok azonosítása
    - javító, megelőző intézkedések
4. A felügyelő (monitoring) rendszer kialakítása
5. A dokumentációs rendszer kialakítása
6. A HACCP rendszer bevezetésének támogatása

RCA: Root Cause Effect

FEUVE

4. Kockázatelemzés a karbantartásban

A megbizhatóságelmélet alkalmazása a karbantartásban – az időbeliséget tekintve is – két nagy területre osztható:

- a klasszikus (statisztikai) módszerek kidolgozása, alkalmazása,
- RCM.

A klasszikus módszereknek bőséges az irodalma, ezért azokkal jelen tanulmány keretében nem foglalkozunk.

Az RCM (ismét?) egyre népszerűbb, vele a megbízhatóságelmélet karbantartási alkalmazása is egyfajta reneszánszát éli. Az RCM-ben alkalmazott FMEA előnye – a klasszikus módszerekkel szemben:

- a „puha” információkat is hasznosítja
- a nehezen számszerűsíthető jellemzőket is figyelembe veszi
- fejlettebb (összetettebb) kockázat-koncepció.

Az RCM alapú karbantartásról egy korábbi karbantartási konferencián már beszámoltunk. (Kovács, 1996)

Az alapnak tekinthető általános FMEA ismertetésétől eltekintünk. A szakirodalomban ugyanakkor vannak ajánlások a karbantartás területére sajátos FMEA módosításokra, amelyekre érdemes kitérni.

Total FMEA – a teljes vállalat bevonása

A TQM (és TPM) logikához illeszkedő FMEA változat. Felfogása szerint

- a megelőzhető hibák nem csak a tervezési és gyártási szakaszból erednek, hanem a szervezet minden más részlege is érintett. Ez biztosítja a teljes körű azonosítást, elemzést, helyesbítést és hiba ismétlődésének megelőzését.
- ebből adódóan több részleg szempontjait veszi figyelembe a javító, megelőző intézkedések (például karbantartás) kidolgozása során.

A TFMEA nem követeli meg az RPN szokványos képzését, minden részleg egy 1-10-ig terjedő skálán pontozza a hibaeseményt, majd ezeket együttesen értékelik. Leginkább különlegesen fontos projektekre lehetne ezt a megközelítést alkalmazni, napi feladatokra nem használható. (Devadasan et al, 2000)

FMEDA: kiegészítés online diagnosztikával

A FMEDA (Failure Mode, Effect and Diagnostic Analysis) egy olyan FMEA kiterjesztés, amely kombinálja a szabvány FMEA módszert az online diagnosztikai technikákkal. Ajánlható a biztonsági modellek hibarátáinak létrehozására, minden jelentős kategóriában: észlelt biztonság, rejtett biztonság, észlelt veszély, rejtett veszély. (Goble - Brombacher, 1999)

A költségtényezőket lehet külön és együtt is alkalmazni. Az egyes tényezők szintén 10 fokozatú skálán értékelhetők. Ajánlott a költségtényezők összevonása az egyszerűség érdekében.

A költségkockázat figyelembe vétele árnyaltabb döntést tesz lehetővé, így megkérdőjelezi a küszöbértékek alkalmazását.

Öttényezős RPN (Pioneer)

A Pioneer Corporation (Japán) 1980-ban mutatta be saját megoldását az FMEA keretében.

A kockázat értékelése során figyelembe vett öt tényező:

- C1: hiba súlyosság,
- C2: a rendszernek a hiba által érintett tartománya,
- C3: hiba gyakorisága,
- C4: megelőzés lehetősége,
- C5: konstrukció módosításának nehézsége,

$$C_S = \sqrt[5]{(C_1 * C_2 * C_3 * C_4 * C_5)}$$

A CS-t ötfokozatú skálán értékelik, elemei 10 lehetséges értéket vehetnek fel (kerekítés). [7] (Chang – Wei, 2001)

5. Következtetések

A fentiek alapján megállapítható, hogy a napjainkban egyre elterjedtebbé váló kockázatelemzésnek sok karbantartási vonatkozása van.

A karbantartóknak ismerniük és készség szinten alkalmazniuk kell a karbantartás területén használható kockázatelemzési eljárásokat. Ebből a szempontból általános esetben kiemelkedő az FMEA jelentősége.

Másrészről pedig a karbantartóknak ismerniük kell a más területeken alkalmazott kockázatmenedzselési eljárásokat annak érdekében, hogy

- segíthessék ezeket az erőfeszítéseket (például megfelelően értelmezett adatok szolgáltatásával),
- felhasználják más területek eredményeit és eljárásait,

- az integrált szemlélet alkalmazása révén kerüljék el vállalati szinten a többszörös munkavégzést, javítsák a hatékonyságot.

Mindezek azt vetítik előre, hogy a jövőben a kockázatmenedzsment jelentőség – mint mindenütt – a karbantartás területén is nőni fog.

6. Felhasznált források

Devadasan, S.R. – Muthu, S. – Samson, R.N. – Sankaran, R.A. (2000): Design of total failure mode and effects analysis programme, (International Journal of Quality & Reliability Management, 20. évfolyam, 2000/5, 551.-568. o.)

Goble, W.M. – Brombacher, A.C. (1999): Using a failure modes, effects and diagnostic analysis (FMEDA) to measure diagnostic coverage in programmable electronic systems, (Reliability Engineering and System Safety 66., 1999, 145.- 148. o.)

Chang, Ching-Liang – Liu, Ping-Hung – Wei, Chiu-Chi (2001): Failure mode and effect analysis using grey theory, (Integrated Manufacturing Systems, 2001/3, 211.-216. o.)

Kovács Z. (1996): Új karbantartási filozófia
„Karbantartás az ezredfordulón - kihívások és válaszok” Nemzetközi karbantartási konferencia, Veszprém, 1996. június 10-13. 1-12 o.

---

1) Abdul-Nour, G. – Beaudoin, H. – Ouellet, P. – Rochette, R. – Lambert, S.: A Reliability Based Maintenance Policy
(Computers & Industrial Engineering, 35.évf, 1998/december, 591.-594. o.)
2) Ben-Daya, M. – Raouf, Abdul: A revised failure mode and effects analysis model (International Journal of Quality & Reliability Management,13.évf., 1996/1, 43.-47.o.)
3) Boros Tiborné dr.: A legkorszerűbb karbantartási rendszer (TPM) bevezetésének esélyei Németországban – felmérés autóipari cégeknél
(Üzemfenntartás – Karbantartás, 1999/5, 9-13. o.)
4) Braglia, Marcello: MAFMA: multi-attribute failure mode analysis
(International Journal of Quality & Reliability Management
17. évfolyam, 2000/9, 1017. -1033. o.)
5) Busby, J.S. – Hibberd, R.E. – Mileham, A.R. – Mullineux, G.: Failure modes analysis of organizational artefacts that protects system
(Engineering Manufacture, 2004/9, 1211-1215. o.)
6) -
7) Chang, Ching-Liang – Liu, Ping-Hung – Wei, Chiu-Chi: Failure mode and effect analysis using grey theory
(Integrated Manufacturing Systems, 2001/3, 211.-216. o.)
8) Deshpande, V.S. – Modak, J.P.: Application of RCM to a medium scale industry
(Reliability Engineering and System Safety, 2002/július, 31.-43. o.)
9) Devadasan, S.R. – Muthu, S. – Samson, R.N. – Sankaran, R.A.: Design of total failure mode and effects analysis programme
(International Journal of Quality & Reliability Management,
20. évfolyam, 2000/5, 551.-568. o.)
10) Dhillon, B.S. – Fashandi, A.R.M.: Safety and reliability assessment techniques in robotics
(Robotica, 1997/november, 701.- 708. o.)
11) Dillon, L. Rad: FMEA Applied to Incident Report Review
(Surveyor, 2002/1, 4. oldal)
12) Fenelon, P. – McDermid, J.A. – Nicholson, M. – Pumfrey, D.J.:

Towards Integrated Safety Analysis and Design
(Applied Computing Review, 1994/1, 21.-32. o.)
13) Ferber István: Az FMEA-ismeret hozzáférhetővé tétele
(Minőségirányítás - Műszaki Ellenőrzés, 1999/4, 20-23. o.)
14) Ferber István: A költségkockázat beépítése az FMEA-eljárásba az élelmiszer-iparban (Minőségirányítás – Műszaki Ellenőrzés, 1998/9, 20-23. o.)
15) -
16) Franceschini, Fiorenzo – Galetto, Maurizio:
A new approach for evaluation of risk priorities of failure modes in FMEA
(International Journal of Production Research, 2001/13, 2991.-3002. o.)
17) Garai Tamás dr.: A karbantartási folyamatok optimálása
(Üzemfenntartás – Karbantartás, 2004/4, 3-8. o.)
18) Garai Tamás dr.: Az FMEA alkalmazása a megelőző karbantartásban
(Üzemfenntartás – Karbantartás, 2000/6, 6-9. o.)
19) Garai Tamás dr.: FMEA a gyártóberendezések tervezésében
(Minőségirányítás – Műszaki Ellenőrzés, 2004/4, 21-24. o.)
20) Garai Tamás dr.: FMEA: megelőzi a hibákat, fokozza a biztonságot, növeli a vevőelégedettséget (Minőségirányítás – Műszaki Ellenőrzés 2002/8, 33-36. o.)
21) Garai Tamás dr.: FMEA: segédeszköz a projektmenedzsmenthez
(Minőségirányítás – Műszaki Ellenőrzés, 2003/6, 30-35. o.)
22) Garai Tamás dr.: Gondoljunk a lehetséges üzemzavarokra!
(Üzemfenntartás – Karbantartás, 2000/6, 9-12. o.)
23) Garai Tamás dr.: Karbantartási projektek értékelése
(Üzemfenntartás – Karbantartás, 2003/11, 30-35. o.)
24) Garai Tamás dr.: Mátrixos FMEA-módszer
(Minőségirányítás – Műszaki Ellenőrzés, 2000/8, 8-11. o.)
25) Garai Tamás dr.: Megbízhatóságra orientált karbantartás
(Üzemfenntartás – Karbantartás, 2002/3, 3-11. o.)
26) Gittlár Ferencné: Az üzemfenntartási ismeretek szerepe a rendelkezésre állás növelésében (Üzemfenntartás – Karbantartás, 2002/12, 23-29. o.)
27) Goble, W.M. – Brombacher, A.C.:
Using a failure modes, effects and diagnostic analysis (FMEDA) to measure diagnostic coverage in programmable electronic systems
(Reliability Engineering and System Safety 66., 1999, 145.- 148. o.)
28) Guimarães, A.C.F. – Lappa, C.M.F.:
Fuzzy FMEA Applied to PWR Chemical and Volume Control System
(Nuclear Energy, 2004/3, 195. – 196. o., 199. – 200. o.)

29) Huffman, Jack L.: Beyond TQM (1997, 114.-116. o.)
30) Jones, Steve: Understanding Six Sigma
(Quality, 2004/3, 24. o.)
31) Kmenta, Steven – Ishii, Kosuke: Advanced Fmea using meta behavior modeling for concurrent design of products and controls (Proceedings of DETC ’98, 1998, 2.o)
32) Komáromi László, dr.: Minőségmenedzsment (Számalk Kiadó, 2000, 117.-134. o.)
33) Krämer Tamás– Magyar Sándor– Németh László: Minőségbiztosítás, minőség-ellenőrzés (B+V Kiadó, 2001, 107-121. o., 158-159. o.)
34) Papp László dr.: A minőségmenedzsment alapjai
(1997, Műegyetemi Kiadó, 89. o., 103. –112. o., 137. o.)
35) Parányi György, Dsc.: A problémamegoldás, hiányosságmegelőzés módszerei
(CEO, 2001/2, 20.-23. o.)
36) Parányi György, Dsc.: Mibe kerül, és mit hoz a minőség?
(CEO, 2002/6, 42.-49. o.)
37) Parányi György: Minőséget - gazdaságosan (Műszaki Tankönyvkiadó, 1999, 127.-129, 153-154, 422-424, 428-430, 467-475, 564-565. o.)
38) Parkinsonm H.J. – Thomson, G.:
Systematic Approach to the Planning and Execution of Product Remanufacture
(Process Mechanical Engineering, 2004/1, 1.–3. o.)
39) Pillay, Anand – Wang, Jin:
Modified failure mode and effects analysis using approximate reasoning
(Reliability Engineering & System Safety 79, 2003, 69.–74. o.)
40) Puente, Javier – Pino, Raúl – Priore, Paolo – de la Fuente, David:
A decision support for applying failure mode and effect analysis
(International Journal of Quality & Reliability Management, 2002/2, 137-150. o.)
41) Rosing, R. – Richardson, A.M. – Dorey, A.P.:
A Fault Simulation Methodology for MEMS
(Design, Automation and Test in Europe, 2000, ACM Press, 480. o.)
42) Sankar, Nune Ravi – Prabhu, Bantwal S.: Modified approach for prioritization of failures in a system failure mode and effects analysis
(International Journal of Quality & Reliability Management, 2001/3, 324-335. o.)
43) Schmidt János: A megbízhatóságorientált üzemfenntartás, mint gazdasági tényező (Üzemfenntartás – Karbantartás, 1998/9, 3.-8. o.)
44) Schmidt János: Üzemfenntartás menedzsment
(Üzemfenntartás – Karbantartás, 1998/2, 19.-24. o.)

45) Scipioni, A. – Saccarola, G. – Centazzo, A – Arena, F.: FMEA methodology design, implementation and integration with HACCP system in food company (Food Control 13, 2002/december, 495. – 501. o.)
46) Shafer, Ellen – Csonka, Mary Jo: Streamlining the Fmea Process (Results with Electronic Meetings, szerk: Weathvall, A. – Numaker, J., 1996, 4-5.o.)
47) Stamatis, D. H.: FMEA from Theory to Execution (2003, ASQ Quality Press, 24. - 30. o.)
48) Swift, K.G. – Raines, M. – Booker, J.D.: Advances in probabilistic design: manufacturing knowledge and applications (Engineering Manufacture, 2001/3, 297. –213. o.)
49) Teng, Sheng-Hsien – Ho, Shin-Yann: Failure mode and effects analysis – An integrated approach for product design and process control (International Journal of Quality & Reliability Management, 1996/5, 8. - 26. o.)
50) Teoh, P.C. – Case, Keith: Modelling and reasoning for failure modes and effects analysis generation (Engineering Manufacture, 2004/3, 289.-300. o.)
51) Teoh, P.C. – Case, Keith: Failure modes and effects analysis through knowledge modelling (Materials Processing Technology, 2004/december? (kiadás alatt), 1.-8. o.)
52) Varga Lajos, dr.: A TQM filozófiája és eszközei (Minőség és Megbízhatóság, 1999/2, 61.-66. o.)
53) Veress Gábor dr.: Minőségmenedzsment: áldás vagy átok? (CEO 2002/6, 38.-42. o.)
54) Wirth, Rüdiger – Berthold, Bernd – Kramer, Anita – Peter, Gerhard: Knowledge-based Support of System Analyzis of Failure Modes and Effects (Engineering Applications, 1996/3, 219. - 220. o.)
55) Xu, K – Tang, L. C. – Xie, M. –Ho, S. L. – Zhu, M. L.: Fuzzy assessment of FMEA for engine systems (Reliability Engineering & System Safety 75, 2002/január, 17. –18. o.)
56) Yu, Jin – Kurwa, Murad: Ensuring a Successful New Product Launch (Circuits Assembly, 2002/2, 45. – 47. o.)
- - - - - - - - - - - -
57) Enyedi István: Módszeres eljárás a rossz minőség mélyebb okainak elemzésére (Minőségirányítás – Műszaki Ellenőrzés, 2004/1)