

## **Integrált gyártórendszer-karbantartás és a karbantartó mérnök szerepe** (dr. Péczely György)

Napjaink gyártási rendszerei mind bonyolultabbak, a gazdasági kihívások is egyre nagyobbak, ráadásul a korszerű elméletek azt is felfedezték, hogy a karbantartó mérnök szerepe gyökeresen megváltozik az új kihívások hatására. A fejezet a karbantartási rendszerekkel és a kihívásokra adott tipikus válaszokkal foglalkozik.

### **2.1. A karbantartási rendszerek fejlődése – hagyományos rendszerek**

A hagyományos rendszerekről beszélve három karbantartási (és üzemelési) megközelítésről ír a szakirodalom. A hibáig üzemelésről, a merev ciklusokon alapuló karbantartásról és a diagnosztikai vizsgálatokon alapuló karbantartásról. [1, 2, 3]

#### **2.1.1. A hibáig üzemelés rendszere – ahogyan a szakirodalom ír róla**

A termelés és a karbantartás *szétválása* előtti időkből természetesnek hatott, ha a berendezés elromlott, akkor a rajta vagy vele éppen dolgozó személy azt megjavította. E gyakran „barkács” jellegű megoldások mellett természetesen már igen korán megjelent a gépész (engineer!), aki *a termelési munkák elvégzése mellett* szükség esetén a bonyolultabb javításokban is részt vett. A viszonylag egyszerű berendezések mérsékelt termelékenysége (és a menedzsment tudományban rejlő óriási lehetőségek erre az időszakra eső kihasználása!) nem tette égetően fontossá a gépkiesések elkerülését. A kétkezi munkaerő ráadásul ekkor még nem számított a legfőbb termelési költségek közé.



#### 2.1. ábra Mennyibe kerülhet egy csavar törése?

Az iparvállalatok felismerték, hogy az alkatrészek kihasználtsága a hibáig üzemelés rendszerében nagy, hiszen a beépített élettartamot az alkatrész teljesen kihasználja. Másrészt alacsony a termelés megbízhatósága, tervezhetősége, ugyanakkor magas a súlyos és a következményhibák kialakulásának veszélye és ezzel együtt a költség szint.

A termelékenység fokozódása, a vezetési eszközökben rejlő többletlehetőségek elfogyása, a berendezések számának és bonyolultságának növekedése új megközelítéseket igényelt. A hibáig üzemelés rendszere az '50-es évek elejéig jellemezte az iparvállalatokat.

#### **2.1.2. A merev ciklusokon alapuló karbantartás – ahogyan a szakirodalom ír róla**

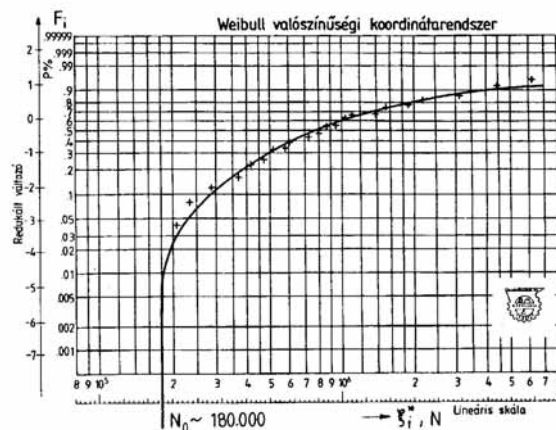
A második világháborút követő időszak drámai változásokat hozott az iparvállalatok életébe. Rohamosan nőtt a munkaerő ára, a berendezések bonyolultsági foka, a javítások költsége és a termelékenység. E tendenciák hatása és az ismeretek akkori állása vezetett odáig, hogy célá vált a gépmeghibásodások tervszerű megelőzése. A '60-as évek elejére, közepére általánossá vált a rendszer, amit Magyarországon Tervszerű Megelőző Karbantartásnak (TMK)

nevezünk, és ami főleg abból állt, hogy a berendezéseket *kötött intervallumonként* nagy- (esetleg kis- és közép-) javításnak vetették alá.

Magyarországon a 2022/1950. MT. sz. határozat indította útjára a TMK-t. Eszerint „A gépek jobb kihasználása, a javítási költségek csökkentése érdekében minden üzemben meg kell szervezni a gépek rendszeres karbantartását. Minden gépfajtára, járműre vonatkozólag meg kell határozni a két karbantartás közti időt és a javítási költségek normáját.”

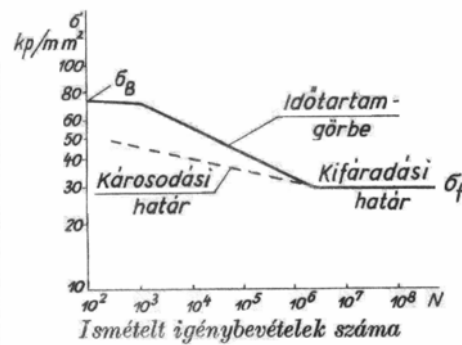
Az új rendszer céljával a megbízhatóság és a tervezhetőség növelését tűzték ki, miközben az alkatrészek kihasználtsága értelemszerűen romlott.

A merev ciklusidőkön/terhelésszámon alapuló rendszerek elméleti támogatását az a nagyszámú kísérlet adta, amelyekre példát a 2.2. és 2.3. ábra mutat be.



2.2. ábra Fárasztóvizsgálat eredménye és a Weibull-eloszlási megközelítés

A Weibull-eloszlás jól alkalmazható a kísérleti mintán mért eredményekhez, és még sok más, nagyobb darabszámú próbatesten végzett kísérlet is ezt az eredményt hozta.



2.3. ábra Wöhler-féle kifáradási diagram

### 2.1.3. A műszaki diagnosztika – ahogyan a szakirodalom ír róla

A '60-as évek végén, '70-es évek közepén az ipari fejlődés újabb jelentős változásokat hozott. Az élet viszonylag hamar bizonyította, hogy a merev ciklusidőkön/számon alapuló karbantartás nem csak nem ad elfogadható alkatrész-felhasználást, de sok esetben még biztonságot sem nyújt!

Az ipar érzékenysége a leállásokra tovább fokozódott, hiszen a vállalati költségcsökkentés egyre inkább előtérbe került. A cégek mindinkább elmozdultak a JIT rendszer irányába.

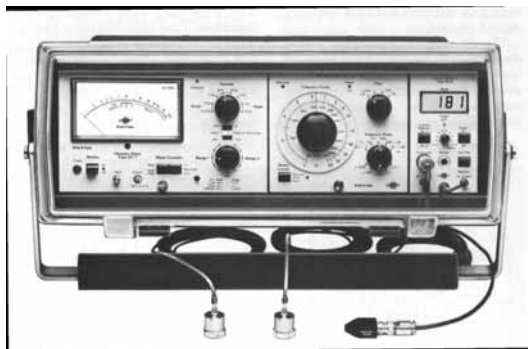
Folyamatosan csökkentették a raktárkészleteket, és a karcsúsítás azzal az eredménnyel járt, hogy mind érzékenyebbé váltak a váratlan gépleállásokra. A nehézségeket tovább fokozta a gépek mind nagyobb teljesítménye, bonyolultsága, és az a tervezési koncepció, ami a korábban túlméretezett berendezések „lesoványodását” eredményezte.

*Példa: Cégünk rendszeresen végzi ventilátorok helyszíni egyensúlyozását. A hagyományos „szovjet stílusban” (robosztusra) tervezett ventilátoroknál egy 15-20 mm/s –os rezgésszint (ami már a csapágyak gyors tönkremenetelét is okozza) megfelelő mértékű csökkentéséhez gyakran 500-1000 g egyensúlyozó tömeget helyeztünk fel a forgórészre. Egy hasonló méretű, „új tervezésű” amerikai gyártmányú ventilátornál 8 g elegendő volt a 17,6 mm/s-os rezgés 0,9 mm/s-ra való csökkentéséhez. Az új konstrukciók hibamentes állapotban esetleg kedvező paraméterek mellett működnek, de a kisebb hibákra gyakran lényegesen érzékenyebbek, mint a korábban tervezett robosztus berendezések.*

Az ipar fokozott automatizálása (az észlelő és gondolkodó ember kiszorulása a folyamatból) és a fokozott biztonsági és környezetvédelmi elvárások, valamint a berendezések és a javítások mind magasabb ára a karbantartás felülvizsgálatának igényét váltotta ki.

Olyan „új” fejlesztések születtek, mint a döntéstámogatási eszközök (kockázati tanulmányok), hibamód- és hatáselemzések, szakértői rendszerek, új karbantartási technikák (állapotvizsgálat) és a menedzsment elvek behozatala a karbantartásba (csapatmunka, tervezett flexibilitás). Valójában ezeknek a módszereknek mindegyikét már évtizedekkel korábban kifejlesztették, de a felhasználói igények akkor még jobbra hiányoztak.

Az új fejlesztések közül a diagnosztikák alkalmazása kiemelkedett, és hamarosan megszületett a műszaki diagnosztikán *alapuló*, majd később a diagnosztikával *segített* karbantartás elvrendszere.



2.4. ábra BK 3517-es műszer a '70-es évek közepéről. Kategóriájában egy évtizedig a legjobb.

Számos alkalmazott eljárás közül itt csak néhányat sorolunk fel: hossz-, nyomás-, hőmérséklet-, fordulatszám-, rezgés- és zajmérés, -elemzés.

A diagnosztikák segítségével növelhetjük a termelési biztonságot, az alkatrészek kihasználtságát és a tervezhetőséget.

#### **2.1.4. A leírtak és a valóság**

A szakirodalmakban foglaltak ellenére mind a mai napig a hibáig üzemelésen alapuló karbantartási rendszer a legelterjedtebb Magyarországon, Nyugat-Európában vagy Észak

Amerikában. Ezzel szemben az állapotvizsgálaton alapuló karbantartást alkalmazzák a legkevésbé.

A szakirodalomban leírtak és a valóság közötti ellentétet illetően nem elég kijelenteni, hogy a karbantartók világa nem halad a fejlődéssel. A tények vitathatatlanok és a korábban leírtak alapos újragondolását, értékelését igénylik.

#### A hibáig üzemelés rendszere – a valóságban

E rendszer legfőbb hátrányául azt hozzák fel, hogy a hibák teljesen váratlanul következnek be. A kényszerleállások következményei súlyosak, illetve a tervezhetetlenség igen károsan befolyásolja a termelési érdekeket.

A valóságban nagyon ritkán következnek be váratlanul a hibák, ugyanis bizonyítottan jó eredményekkel működik a felelősségteljes *emberre* építő „érzékszervi diagnosztika”. A gép mellett hosszú ideig dolgozók gyakran felismerik a berendezés megváltozott belső működésének a jeleit, legyen az zaj, rezgés, vagy akár a megnövekedett hőmérséklet miatt enyhe színváltozás.



2.5. ábra A hibáig üzemelés rendszerében az emberi tényező kiemelkedő szerepet kap

E rendszer természetesen csak az olyan helyeken működhet, ahol a dolgozó rendszeresen megjelenik a berendezés mellett (1), valamint hajlandó és tud rá figyelni (2). Egy olyan vállalatnál, ahol a berendezések messze találhatók a dolgozóktól, a személyzet rendszeresen cserélődik vagy alulképzett, esetleg ellenérdekelt, e karbantartási megközelítés nem használható eredményesen.

Az érzékszervi diagnosztikán alapuló karbantartás rendszerének természetes hátrányai a mérhetőség illetve regisztrálás hiánya, valamint az ezekből adódó problémák. Szerepét tovább csökkenti az intenzívebbé váló termeléssel járó növekvő kockázat, illetve a személyi állomány csökkenéséből adódó gondok. Ez a rendszer a *jelen formájában* vitathatatlanul visszaszorul a jövőben.

A későbbiek szempontjából fontos kiemelnünk azt, hogy ezen a szinten az ember bevonása a hatékonyabb termelésbe *nem tudatos*.

#### A merev ciklusokon alapuló karbantartás – a valóságban

„Hivatalosan” (deklaráltan a vállalati felsővezetés felé) a hazai vállalatok túlnyomó része ezt a karbantartási rendszert követi.

A merev ciklusos rendszer elvileg szorosan kapcsolódik az ún. kádgörbéhez. A valóságban viszont az olyan egyéb szempontok a meghatározók, mint pl. a naptár vagy a fogyasztási ciklusok



2.6. ábra A klasszikus kádgörbe (logaritmikus időtengellyel)

A kádgörbe-elmélet valódiságát ellenőrző kutatások azt mutatták, hogy a berendezések tönkremenetelét leíró görbék valójában hat alcsoportot képeznek, ún. *módosított kádgörbéket*.

A 2.7. ábrán látható típusokat a szakirodalom elfogadja, az eloszlás mértéke azonban berendezésenként változik. Moubrey tanulmánya *repülőgépekhez kapcsolódóan* említi az ábrán látható eloszlást. Egy lényegesen kevesebb elektronikával rendelkező eszközcsoportnál természetesen a tönkremeneteli görbék közötti számarány eltolódhat. [3]

Ami számunkra fontos, hogy az általunk karbantartott berendezések (gépi, villamos, stb.) és egyéb eszközök (épületek, stb.) az esetek túlnyomó részében nem produkálnak olyan elhasználódási görbét, ahol a tönkremenetel bekövetkezési valószínűsége az idő előrehaladtával szignifikánsan megnőne.



2.7. ábra A hat fő tönkremeneteli kádgörbe

A nagyjavítás megközelítésének kritikáját a gyakorlat számai is alátámasztják. Egy, a nagyjavítás előtti rezgésvizsgálatok elemzését bemutató tanulmányból [4] idézünk az alábbiakban:

*„1991 óta mintegy 2237 forgógép vizsgálatát végeztük el nagyjavítás előtt...a gyógyszergyártástól a bányászatig az ipar legkülönbözőbb szegmenseiből kerültek ki.*

*A hagyományos karbantartási rendszereknél egy ciklikusan üzemelő gyárban a nagyjavítás során megbontják az összes számottevő gépet, csapágyakat és egyéb gépelemeket cserélnek. A karbantartók ugyanakkor tapasztalatból tudják, hogy a legtöbb megbontott egység, gépelem még üzemképes volt, esetleg semmilyen hibát nem láttak rajta.*

Vizsgálataink eredményét az 1. táblázat foglalja össze. A táblázatban feltüntetett százalékos értékek azt mutatják, hogy az összes vizsgált gépelemnek hány százalékát kellett cserélni.

Hibák megnevezése (gépelem)	Beavatkozási arány
Gördülőcsapágy	18,26 %
Fogaskerékhajtás	8,08 %
Tengelykapcsoló	36,44 %
Gépalap	3,61 %
Egyensúlyhiba	26,10 %
Egyéb	6,32 %
Összes gép	35,17 %

2.1. táblázat Nagyjavítás előtti gépellenzőrzések statisztikája

*Következtetések:*

- Igen magas azoknak a gépeknek az aránya, amelyet a hagyományos karbantartási szemléletet követve feleslegesen bontanak meg („legnehezebb a jó gépet megjavítani”)

- nagy azoknak a hibáknak a száma, amelyek egy hagyományos javítás során nem derültek volna ki (gépalap, egyensúly)

- igen szoros az összefüggés a csapágyhibák és a tengelykapcsolat, valamint az egyensúlyhibák közt.

A vizsgált gépelemek közül érdemes kiemelni a gördülőcsapágyakat számuk, elterjedtségük, költségük miatt.

Összesen 8421 gördülőcsapágyat vizsgáltunk, amelyek közül mindössze 1538-nál javasoltunk cserét....

Az elérhető ideális állapotot leíró csapágykatalógusok szerint a csapágyak 90%-a megéli a névleges élettartamot, 80%-a a kétszeresét, és 20%-a az ötszörösét is.”

Gyakorlati problémát az jelent, hogy a berendezésparkot a stabil üzemelés zónájában megbolygatjuk, és ezáltal tesszük instabillá. Jól ismert az a jelenség, amikor az ún. nagyjavítás után a gyártás visszaindul és a termelés első néhány hetében egymást követik a kisebb nagyobb hibák, zavarok. (Ilyenkor hagyományosan a karbantartókat hibáztatják – nem felismerve a stabil rendszerek megbontásával/megbolygatásával járó következményeket.)

Az eddig leírt megfontolásokon túl látni kell azonban azt, hogy a nemzetközi ipari gyakorlat az nem műszaki vagy gazdasági feltételezések alapján állapítja meg a nagyjavítási ciklusokat!

Egy konzervgyár a terméket adó növény fejlődését, egy sörgyár a fogyasztási szokásokat veszi alapul, és ezért évi egy vagy két alkalommal tart nagyjavítást. A piaci igények ciklikussága azonban az olyan termékre is igaz, mint pl. a fényforrás vagy a műanyag csővezeték. Ha a borsó gyakrabban érne, vagy mások lennének a sörfogyasztási szokások, más lenne az üzemelési ciklus hossza.



2.9. ábra A nagyjavítás idejét sok esetben nem műszaki tényezők, hanem pl. az érési ciklus határozza meg

A merev ciklusidős rendszerek gyakorlati létjogosultságát az előírások szerinti ellenőrzések (pl. hatósági vizsgálatok) és a garanciális kötelezettségeken túl az adja, hogy a karbantartó feladata itt a legkényelmesebb. A rendszer előírásai „megmondják” neki, hogy mikor mit kell tennie, és így mentesül az önálló döntések meghozatalával járó kockázatoktól, munkától. A vállalati felső vezetés is elfogadja a ciklikus karbantartási megközelítést, mondván: mindent megtettünk, a kényszerleállás rajtunk kívül álló okok miatt következik be, *a hiba természetes jelenség*.

A valóságban érezzük, és a korszerű karbantartási rendszerek nap mint nap be is bizonyítják, hogy a merev cikluson alapuló rendszerekben nem csupán a pazarlás, de a kockázat is igen magas.

#### A műszaki diagnosztikák alkalmazása – a valóságban

A műszaki diagnosztikát tekintve az első, ami szembetűnik, csekély elterjedtsége. Becslések szerint egy iparvállalat teljes berendezésparkjának 5...40 %-a lenne diagnosztizálható úgy, hogy az számottevő gazdasági vagy biztonsági nyereséggel járna, ezzel szemben a hazai alkalmazás becslések szerint 0,2...0,5 %-os, de még a nemzetközi élvonal sem haladja meg a 4...8 %-ot.

Számos okot felsorolhatunk, hogy miért nem sikerebb a valóságban a műszaki diagnosztikán alapuló karbantartás, miért nem olyan hatékony, mint amilyennek elvileg lennie kellene.

a. Alkalmazásához speciális szakértelem szükséges. Ha egy cég mérőműszert vásárol, attól a *kijelölt* személy még nem válik feltétlenül diagnosztává. E tevékenység eredményes alkalmazása egy olyan szakma ismereteit feltételezi, amihez több hónap elméleti és több év gyakorlati tanulás szükséges (még ha a kereskedők természetesen mást állítanak is).

b. A munkaerő és az eszközök költsége nem ott jelentkezik, ahol a haszon zöme. A diagnosztikákra pénzt jellemzően a karbantartás költ, míg az eredmények döntően a termelékenység növekedésében jelennek meg. A vállalati érdekeket figyelembe vevő komplex gondolkodás igénye itt erőteljesebben jelenne meg, mint a korábbi rendszereknél. A diagnosztikával támogatott karbantartás azonban még nem teremti meg azt a komplex gondolkodást, ami pl. a TPM-re jellemző.

c. A diagnosztika eredményeiből felmerülő kérdések miatt előtérbe kerül a termelés, a karbantartás és a diagnosztika közötti hatékony információáramlás és munkakapcsolat. Míg a merev ciklusidős rendszernél az előre meghatározottság, a hibáig üzemelésnél a kényszer dominált a döntések meghozatalában, a diagnosztika alkalmazásánál számos tényezőt mérlegelni és egyeztetni kell. A végeredmény a remények szerint jó döntés, de a döntéshozatal fáradtságot és felelősségvállalást igényel. A diagnosztikának a hatékony előrejelzésekhez viszont folyamatos információs kapcsolatot kell kialakítania a termeléssel (pl. mikor melyik gép üzemelt, milyen terheléssel, észleltek-e rajta valami szokatlant, stb.) és a karbantartással (mikor mi volt a beavatkozás tartalma, helyes volt-e a diagnózis, milyen állapotúak voltak a kiszertelt elemek, stb.).

d. A berendezések csak egy kisebb hányada (5...40 %) diagnosztizálható gazdaságosan. Ezeknek a kiválasztása diagnosztikai, karbantartási, termelési és gazdasági szakértelmet feltételező átgondolást, felelősséget igényel, ráadásul a döntéseket időszakosan felül kell vizsgálni. Tévedés lenne azt hinni, hogy a nagy és a drága gépeket kell diagnosztizálni, a többi nem. A diagnosztizálással megtakarítható érték megállapításakor az adott berendezés termelési szerepét is figyelembe kell venni, ráadásul a berendezés kiesésével járó egyéb kockázati tényezőket is mérlegelni kell – ezek többnyire sokkal fontosabbak, mint a berendezés saját értéke vagy az esetleges karbantartási költség. Tulajdonképpen egy becslésen alapuló RCM-elemzést kellene végeznünk.

e. A diagnosztikák alkalmazása számos vezetési problémát vet fel. Belső diagnosztikai team esetében a képzés, ellenőrzés, megtartás, motiválás lehet a kérdés, a külsőnél pedig a megfelelő szolgáltató megválasztása és a minőségellenőrzés. A tapasztalatok szerint a belső diagnosztikai csoportok 3-5 évente gyakorlatilag megszűnnek, ezt követően a cég külső szolgáltatókhoz fordul, vagy egy-két év szünet után újraépíti belső tevékenységét. A belső diagnosztikát régóta erőltető cégeknél nem ritka, hogy már a negyedik ilyen ciklusban járnak. (Kérdés, hogy mennyire felelős vezetői döntés a belső szolgáltatás erőltetése a sok kudarc megélése után.)

### A rezgésvizsgálatok és a termográfia alkalmazásának hazai helyzete

Főleg az erőművek, gáz- és olajipari és a vegyipari vállalatok kezdték meg az 1970-es évek végén a forgógépek és a villamos rendszerek napi, karbantartási célú műszaki diagnosztizálását.

Az azóta eltelt jó harminc évben rohamosan csökkent a mérőműszerek ára, jelentősen növekedett viszont teljesítőképessége és a szakmai értékelést támogató képessége.

*A 2.4. ábrán látható rezgésmérő műszerrel egy nyolc órás mérési műszakban kb. 100...120 spektrumot lehetett felvenni (kb. 10 – 12 villamos motor – centrifugál szivattyú bonyolultság), amelyeknek a rutinszerű értékelése újabb kb. nyolc órát tett ki. Az értékelés hatékonysága egyértelműen a diagnosztizálandó személy szakrudásán és figyelmén múlott. A mai korszerű eszközök kb. háromszoros mérési és adatfeldolgozási sebességet tesznek lehetővé, ráadásul egyszerű logikai szűrők beépítésével felhívják a diagnosztikák figyelmét a „gyanús” jelenségekre. Számos gyártó – kb 25 – 30 éve - kísérelte az ún. szakértői rendszerek létrehozásával, de ezek hatékonysága nem haladja meg egy „egyéves, kis tapasztalatú” diagnosztikai mérnök tudásszintjét.*



*A diagnosztikai eszközök elérhetősége is nagyban javult. Míg a '80-as évek elején egy rezgésmérő műszer egy átlagos mérnöki fizetés 40...50-szeresébe került, ma csak 10...20 – szorosába. Egy átlagos tudású termokameránál 100...130-ról 30...40-szeresre csökkent ugyanez az arány.*

A felsorolt könnyebbségeknek megfelelően mind több vállalat és vállalkozás szerez be magának műszaki diagnosztikai mérőműszert és azokat mind nagyobb arányban alkalmazzák is.

### Közös hiányosságok

A három hagyományos rendszer mindegyike rendelkezik néhány közös hibával.

a. Egyik sem veszi figyelembe az emberi tényezőt. Valójában mindhárom rendszer tisztán a műszaki kérdésekre koncentrálnak, és figyelmen kívül hagyja az általános menedzsment gondolkodásban már a XX. század legelején is uralkodó emberi tényezőt. Az, hogy ki végzi a munkát, hogyan, mitől lesz jobb a teljesítménye, milyen a képzés, a csoportmunka és még sok más kérdés válasz nélkül marad.

b. Egyik sem foglalkozik a karbantartási információk áramlásával.

c. Egyik rendszer sem foglalkozik azzal, hogy ki a felhasználó, és neki milyenek az igényei. *(Kérdés, hogy mit nevezünk egyáltalán hibának.)* Mindhárom rendszer csak a karbantartás szempontjait veszi figyelembe. A saját szemszögéből ad arra választ, hogy mikor „javítjuk” a gépet, nem pedig a vállalatéból.

„Ha elromlik” – mondja a hibáig üzemelés rendszere, „Ha eljön az ideje” – a merev cikluson alapuló rendszer szerint, és „Ha ezt meg ezt mértem” – a diagnosztika szerint. Arról, hogy épp mi a termelési vagy a cégérdek, és ez hogyan kapcsolódik a karbantartáshoz, egy szó sem esik. *(A hagyományos szakirodalom a gépjavítások esedékességét műszaki szempontok alapján határozza meg. Hajlamosak vagyunk elfeledkezni arról, hogy a karbantartás nem önmagáért való, hanem célja van: a magasabb vállalati profit és a nagyobb biztonság. E két cél teljesítése magasabb szintű megközelítést igényel, mint amit a hagyományos rendszerek nyújtani képesek.)*

d. Egyik rendszer sem kapcsolódik a vállalati stratégiához (nem következménye annak).

e. Egyik rendszer sem ad stratégiát, csak rész megoldásokat.

## **2.2. A karbantartási rendszerek fejlődése – korszerű rendszerek**

A hagyományos rendszerek sikertelenségét követő fejlődés átütő sikert hozott. A karbantartás végre elfoglalta méltó helyét a vállalati hierarchiában – legalábbis egyes országokban.

Az előző részben felsorolt közös hiányosságok közül az emberi tényezőt a TPM, az információáramlást a CMMS, a felhasználó igényeinek az elemzését az RCM, a stratégiai kérdéseket pedig a „Karbantartás Stratégiai Megközelítése” elégíti ki, ezekről szól e fejezet.

### **2.2.1. RCM (Megbízhatóság Központú Karbantartás)**

Az RCM folyamat célja, hogy meghatározzuk bármely, működési területével összefüggésben levő fizikai eszköz karbantartási kívánalmait.

## Az RCM rövid története

1974-ben az USA Védelmi Minisztériuma megbízta a United Airlinest, hogy készítsen számára egy jelentést arról a folyamatról, hogy a repülőgépeket a civil repülésben milyen karbantartási program szerint tartják karban. Nowlan és Heap 1978-ban tette közzé tanulmányát Reliability-centred Maintenance címmel.

A tanulmány leírja, miszerint az '50-es évek végére a polgári repülést olyan külső és belső nyomások érték, amelyek a karbantartási gyakorlat felülvizsgálatát igényelték. A legerősebb külső tényező a Szövetségi Repülési Ügynökség (Federal Aviation Agency = FAA) volt, amely a repülőgépek karbantartási programjának felügyeletéért felelős. Lépéseket követelt a váratlanul bekövetkező hibák nagy száma és a kapcsolódó bizonytalanság miatt. Másrészt a repülés költségtényezői között egyre meghatározóbbá vált a karbantartási költség.

1960-ban az FAA és a légitársaságok képviselői létrehozta egy akciócsoportot a megelőző karbantartás lehetőségeinek megvizsgálására. A felmérés két fontos megállapítása:

*A tervszerű nagyjavítás csekély hatást gyakorol az összetett berendezés megbízhatóságára, még akkor is, ha annak létezik domináns hibamódja.*

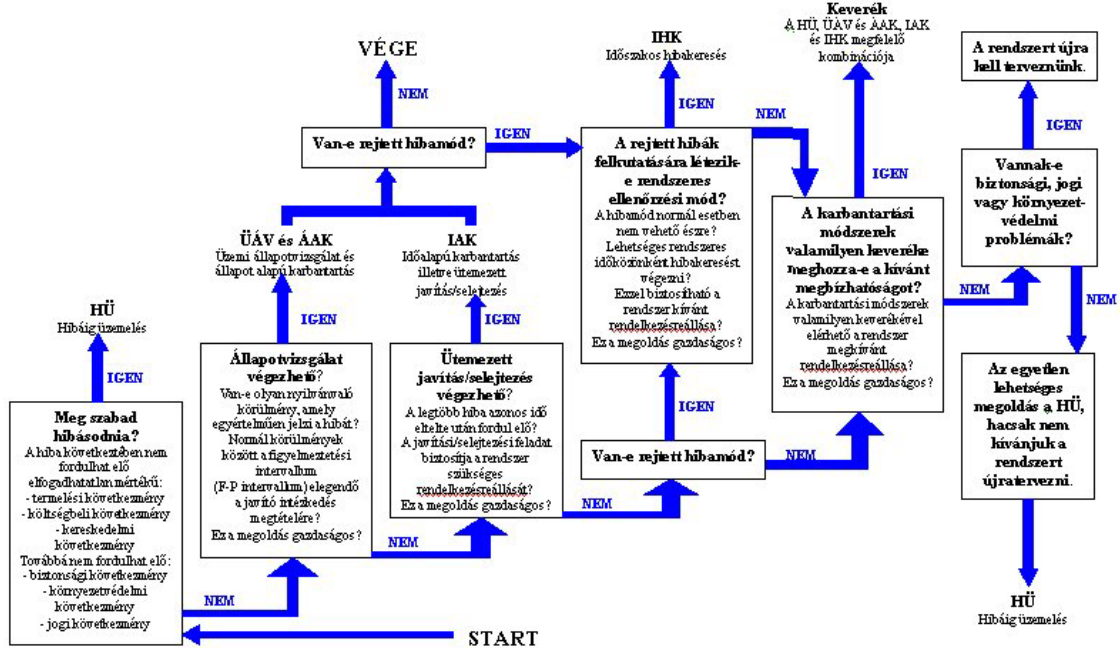
*Számos olyan elem van, amelyre nem létezik a tervszerű karbantartásnak semmiféle hatékony formája. (Ez a megállapítás teljes összhangban áll a merev ciklusokon alapuló karbantartás kritikájánál leírtakkal.)*

A következő lépés egy logikus, és a gyakorlatban is alkalmazható megközelítés kifejlesztése volt. 1967-ben egy konferencián ismertették az első ilyen programot, amelyet két évvel korábban dolgoztak ki. E program kulcsa az ún. RCM elemzés volt, ami egy formális logikai rendszerértékeléssel igyekszik meghatározni a termelést/biztonságot/környezetet veszélyeztető forrásokat és a veszély elhárítási módját. E technikát finomítva jutottak el az ún. MSG-1 karbantartás értékelési és fejlesztési programhoz, amely a ma ismert RCM elvrendszerén nyugodott. Az MSG-1-et az új Boeing 747-eseknél alkalmazták – átütő sikerrel.

A döntés-diagram technikát továbbfejlesztve jutottak el a Repülőgép Gyártók Karbantartási Programtervezési Dokumentumához, amelyet MSG-2-nek kereszteltek el. E programmal több amerikai gépnél illetve Európában az A-300-nál és a Concorde-nál is sikereket értek el.

A cél egy olyan tervezett karbantartási program kialakítása volt, amely egyszerre biztosítja az elérhető maximális biztonságot és megbízhatóságot, valamint a minimális költség szintet. Példa az eredményességre, hogy míg a DC-8-asnál tervezett időközönkénti megbontásnak 339 elemet vetettek alá, addig a DC-10-nél már mindössze csak 7 ilyen elem szerepel. Az egyik olyan elem, amelyet levettek az időszakos kötelező javítások listájáról, a turbinás hajtómotor volt. A motorok tervezett megbontásának elhagyásával a gép karbantartási költségei több mint 50%-kal csökkentek, és minimalizálhatták a tartalékmotor-készleteket is. Tekintve, hogy egy ilyen repülő karbantartása akkor 1 mUSD fölött volt (mai áron számolva közel 2 mUSD), a megtakarítás igen jelentős. Az MSG-1 segítségével a Boeing 747-eseknél a karbantartásra fordított emberórák számát az első 20 000 órás használat idejére 66 000-re korlátozták, míg a jóval kevésbé bonyolult DC-8-asoknál ennyi idő alatt 4 millió emberórát használtak fel!

*A költségmegtakarításokat úgy érték el, hogy a megbízhatóság nem csökkent. Ellenkezőleg! A hiba kialakulási folyamatának jobb megértése az összetett berendezések esetén jelentősen növelte a megbízhatóságot, összehasonlítva a hagyományos módszerekkel.*



2.10. ábra Döntési folyamat RCM-stílusban

Az MSG-1 és -2 forradalmasították a repülőgépek karbantartási programjának kialakítását, de alkalmazásukat az iparban korlátozta berendezés-specializált megközelítésük. Elvrendszerük sem teljes: a feladat-ciklusidők meghatározása, a rejtett funkcionális hibák kezelése nem világos. Nem foglalkozik a kezdeti program tökéletesítéséhez kapcsolódó kezelői információk felhasználásával vagy azzal az információs rendszerrel, ami a futó program hatékony menedzseléséhez szükséges. E hátrányok kiküszöbölése és a meglévő alapelvek tökéletesítése vezetett az RCM2 kialakításához, amit a repülőgépiparban MSG-3 néven ismernek.

1978 óta az USA Haditengerészet széles körben alkalmazza az RCM-et. 1984-ben három USA-beli nukleáris erőműcsoport kezdte meg a próbabevezetést. A francia EDF nukleáris létesítményeiben is az RCM technika bevezetése mellett döntöttek és még sorolni lehetne az alkalmazási példákat a világ számos tájáról.

### A változás szükségessége és az RCM-megközelítés

Szinte minden terület, amely az eszközök karbantartásához kötődik, gyökeres változáson megy keresztül. Az új alapelvek gyakran teljesen különböznek a korábban kialakult nézetektől. E fejezetben ismertetjük a legfontosabb új elveket.

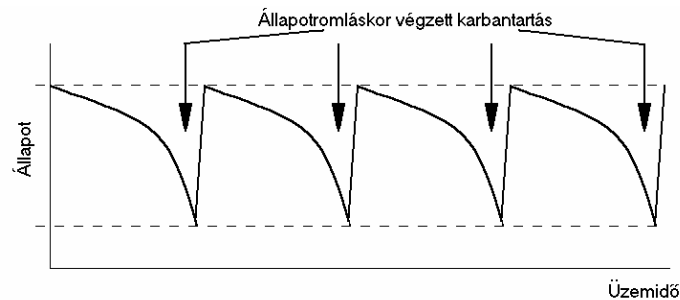
Mindegyik változás önmagában is elég ahhoz, hogy a karbantartásról hagyományosan vallott nézeteinket alapjaiban megváltoztassa.

### Mi a karbantartás feladata?

Míg régen azt mondtuk, hogy az eszközök *állapotát* megőrizzünk szükséges, addig ma a *funkció* megőrzésére tolódik a hangsúly.

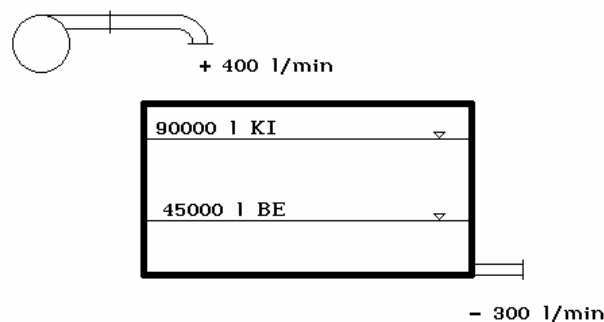
Hagyományosan az állóeszköz-fenntartás célja az újkori állapot ismétlődő visszaállítása vagy annak csak csekély mértékű veszítése. Valójában a karbantartás nem arra való, hogy az eszközben rejlő megbízhatóságot vagy beépített kapacitást megóvják.

Az eszközt azért tartjuk karban, mert valamilyen *funkciót* el akarunk vele végeztetni. Az eszköznek olyannak kell lennie, hogy folytatni tudja mindazt a tevékenységet, amit a használó elvár tőle. *Nem az számít tehát, hogy mire tervezték eredetileg az egyes berendezéseket, hanem hogy pontosan mi az a funkció, amit elvárunk tőlük.* Ezért, mielőtt belekezdünk a karbantartás megtervezésébe, kristálytisztán kell látnunk az egyes elemek funkcióit a kapcsolódó teljesítési elvárásokkal együtt.



2.11. ábra A hagyományos felfogás szerint a karbantartás feladata a hanyatló állapot helyreállítása

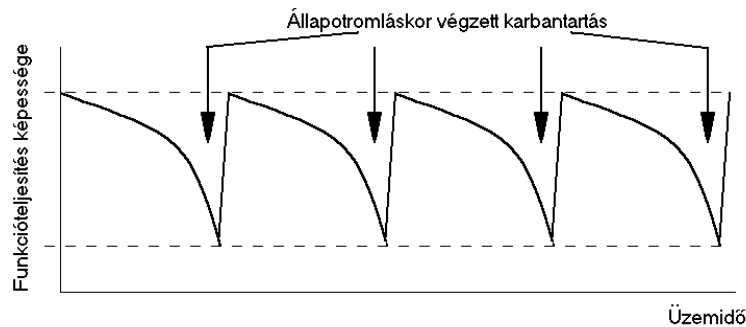
*A klasszikus példa egy 400 l/perces névleges kapacitású szivattyú, ami egy tartályba juttatja a vizet, ahonnan 300 litert szivattyúznak ki percenként. Ebben az esetben a szivattyú elsődleges funkciója, hogy a tartályt nem kevesebb, mint 300 l/perces kapacitással ellássa. A szivattyúnak bármely karbantartási programja azt próbálja elérni, hogy a teljesítmény ne essen 300 l/perc alá. (A karbantartási folyamatban arra figyelünk, hogy a tartály ne működjön szárazon, nem pedig arra, hogy a szivattyú legalább 400 l/perc teljesítménnyel lássa el a tartályt.)*



2.12. ábra Mit várunk el ettől a szivattyútól?

Ha ugyanezt a szivattyút egy másik tartályhoz illesztik, amiből 350 l/perc az elvétel, akkor az elsődleges funkció ennek megfelelően változik. A karbantartási programot is meg kell változtatni, hogy el tudja látni a magasabb teljesítménnyel járó elvárásokat.

A feladatok és a teljesítménybeli elvárások a termékminőséget, a felhasználói szolgáltatást, az üzemeltetés gazdaságosságát és hatékonyságát, az ellenőrzést, a komfortot, a védelmet, a környezeti szabályoknak való megfelelést, a szerkezeti integritást és még a készlet fizikai megjelenését is lefedik.



2.13. ábra Az RCM-ben a karbantartás nem az állaputra, hanem a funkcióra koncentráll

A hiba ilyen megfogalmazásban tehát nem a tervezett képesség bizonyos mértékű csökkenését, hanem az elvárt *funkció* kiesését jelenti. Pontosabban fogalmazva ide kell sorolnunk a funkció várható kiesését a „közeljövőben” vagy azt az állapotot, amikor a berendezésért felelős személyek úgy vélik, hogy a funkciókiesés bekövetkezett vagy rövidesen bekövetkezik. A funkciókieséssel kapcsolatos tévedés ugyanis éppúgy karbantartási beavatkozást von maga után, mint a tényleges kiesés. Gyakran találkozunk ugyanis a mindennapi életben olyan termelésleállítással és „gépjavítással”, amikor a berendezésnek nincs valódi baja, viszont azt hisszük, hogy van.

#### Miért végezzük a rutin karbantartást?

Míg régen a hibák megelőzése volt a cél, ma a hibák következményeit igyekszünk eliminálni.

Egy átlagos iparvállalatnál 5-15 ezer lehetséges hibamód fordulhat elő. A hibák mindegyike valamilyen módon hat a szervezetre, de a hatások minden esetben különböznek. Befolyásolhatják a működést, a termékminőséget, a felhasználói szolgáltatást, a humán és környezeti biztonságot. Elhárításukhoz idő és pénz szükséges.

Ha a hiba komoly következményekkel jár, komoly intézkedéseket kell tennünk a megelőzésükre. Ha a következmények csekélyek vagy nincsenek, akkor úgy dönthetünk, hogy nem kezdünk megelőző intézkedéseket. Más szavakkal: inkább a hiba következményeire kell koncentrálnunk, semmint a technikai jellemzőkre.

Például a 2.12. ábrán bemutatott szivattyú csapágya meghibásodhat. Ha négy órát vesz igénybe a csapágy cseréje, és a hiba előre nem volt látható, akkor előfordulhat, hogy a kényszerleálláskor a folyadékszint az alsó kapcsolási értéknél áll. A tartály ekkor csak két és fél órára elegendő vízzel rendelkezik, tehát kiürülne és másfél órát üresen maradna, amíg a csapágyazást meg nem javítják.

Állapotfigyelés esetén a kezdődő, de kényszerleállást még nem okozó hiba észlelésekor a kezelő elsődleges fontosságú feladata a tartály feltöltése, még mielőtt a csapágy tönkremegy. Ez az intézkedés öt óra időt biztosít a négy órás munka elvégzésére. Az állapotvizsgálat tehát lehetővé teszi a tartály kiürülésének és az abból eredő következményeknek (és a szivattyú lehetséges másodlagos meghibásodásának elkerülését). A diagnosztika nem menti meg a csapágyat: előre meghatározott, hogy mi történik. Az állapotvizsgálatot arra alkalmazzuk, hogy elkerüljük, csökkentjük, esetleg teljesen kiküszöböljük a hibák következményeit.

Általános ököszabálynak tekinthetjük, hogy a funkciókiesésből adódó kár legalább egy nagyságrenddel nagyobb, mint a közvetlen, berendezéshez kapcsolódó műszaki kár.

## Mi a karbantartás szerepe a vállalat életében?

Régen az üzem rendelkezésre állásának minimális költség melletti optimalizálását tekintettük az egyetlen szerepnek. Mára már felismerték, hogy a karbantartás az üzleti hatékonyság és kockázat valamennyi területére kihat. Döntően befolyásolja a személyi és környezeti biztonságot, az energiahatékonyságot, termékminőséget és a vásárlói igények kielégítését.

Sok karbantartási vezető még mindig hajlamos az eszközfenntartás egyetlen tényezőjére, a meghibásodásokhoz kötődő közvetlen költségre koncentrálni. Esetenként korlátozott mértékben figyelembe veszi a technológia kiesésében jelentkező okozati kárt is. Ma már ezzel szemben a karbantartási feladatok egyre szélesebb körű járulékos hatásával kell számolnunk:

- A nagyobb automatizálás azzal jár, hogy egyre több hiba hat a **minőségi** előírásokra. Igaz a megállapítás úgy a szolgáltatásokra is, mint a termékminőségre. Például egy budapesti elit szálloda komoly bajba kerülhet egy konyhai elszívó vagy a konferenciaterem légkondicionálásáért felelő ventilátor hibája miatt. A konyha vagy egy nagyrendezvény termékének négyórás kiesése több évre ható kárt okozhat!
- A növekvő automatizálás másik eredménye azon hibalehetőségek számbeli növekedése, amelyek **biztonsági és környezetvédelmi** kihatásokkal bírnak. Sok cég eljutott arra a pontra, hogy vagy alkalmazkodnak a biztonsági és környezeti elvárásokhoz, vagy bezárják őket. A társadalmi szabályok itt már nem költségtényezőként jelentkeznek, hanem a szervezet sorsát döntik el.
- Folyamatosan növekszik az eszközökhöz **kapcsolódó költségek** nagysága. Túl a közvetlen anyag-, munkaerő- vagy alkatrész-költségen, megnő a szervezési vezetési feladatok költsége is. A maximális beruházási visszatérülés eléréséhez a korábbiaknál keményebben kell dolgoznunk.

A karbantartás tehát egyre központibb szerepet játszik a szervezet egészének életében. A karbantartó szakemberek ezért tartoznak maguknak és alkalmazottaiknak is azzal, hogy felszerelik csapatukat azokkal az eszközökkel, amelyek szükségesek a problémák folyamatos és közvetlen megoldásához. Már nem elég a felmerülő gondokkal esetleg foglalkoznunk, amikor az időnk épp megengedi, vagy bekövetkezésük cselekvésre kényszerít. Jelentős részük csendben, „alattomos” módon hat: növeli a költségeket, de nem jár látványos eseményekkel.

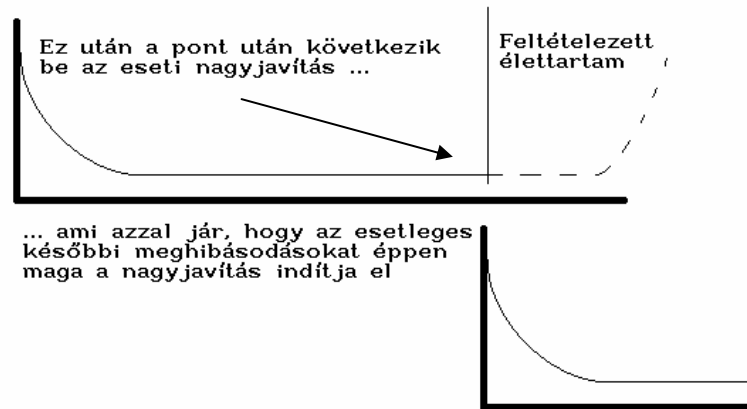
## A berendezés használati ideje és a tönkremeneteli valószínűség

Míg régen azt hittük, hogy a **legtöbb** eszköznél annál nagyobb a tönkremenetel valószínűsége, minél idősebb, ma már azt állítjuk, hogy a berendezés előregedésével párhuzamosan nem növekszik a kiesések gyakorisága.

Mint láttuk, a korábban vakon hitt feltételezés vezetett ahhoz az elképzeléshez, ha egy eszközön nagyjavítást végzünk, akkor biztosan lecsökken a tönkremenetel valószínűsége. Ez a feltételezés azonban a gyakorlatban szinte soha nem igazolódik be. E hit két súlyosan negatív következménnyel jár:

- Ahhoz a tévedéshez vezet, hogy ha nincs szoros bizonyosság az összes létező korfüggő meghibásodási módról, akkor bölcs dolog az egységek időszakos nagyjavítása. Nem vesszük tudomásul a tényt, hogy a nagyjavítások erősen megzavarják az addig stabil rendszereket. Nagyon valószínű, hogy a nagyjavítás a kezdeti hanyatlási szakaszba mozditja el a berendezést, és olyan instabilitást okoz, amit épp el szerettek volna kerülni. A 2.14. ábra ezt mutatja.

- A kádgörbe-hívők gyakran meggyőzik magukat arról, hogy biztonságosabb feltételezni, hogy mindennek van egy becsülhető élettartama – és ez alapján elvégezni a nagyjavításokat –, mint azt feltételezni, hogy rendszertelenül mehet tönkre a gép. Azt hiszik, hogy a két nagyjavítás között nem fordulhat elő meghibásodás. Ha mégis történne ilyen, azt nem a karbantartásnak tulajdonítják: „hiszen a múlt héten javítottunk”. Eszükbe sem jut az, hogy éppen maga a nagyjavítás lehet a hiba oka.



2.14. ábra A nagyjavítás gyakran instabillá teszi az addig megbízhatóan működő egységet

Összegezve: Okosabb úgy felépíteni a karbantartási stratégiát, hogy feltételezzük a hibák véletlenszerűségét, mintsem azt hinni, hogy a hibák a javítás után a következő beavatkozásig nem következhetnek be.

#### Alapja-e a hibastatisztika a sikeres karbantartási programnak?

Korábban azt hittük, hogy a hibastatisztikák alapján építhető fel a valóban sikeres karbantartási program. Ma már tudomásul vesszük, hogy az esetek többségében ezek nélkül kell sikeresnek lennünk. Alkalmazásuk legfeljebb ott indokolt, ahol százas vagy inkább ezres nagyságrendben fordulnak elő teljesen azonos elemek, és azok működési körülményei is teljesen azonosak.

Sokan hiszik azt, hogy hatékony karbantartási stratégiát csak a hibák terjedelmes történeti információinak ismeretében lehet megfogalmazni. Kézikönyvek és számítógépesített technikai adattárak ezreit installálták szerte a világon e hiedelem alapján. Karbantartási szempontból ezek a minták nehézkesek, kérdőjelekkel és ellentmondásokkal teliek.

*Példa: Azt nagy valószínűséggel meg tudom mondani, hogy egy nagyvárosi vízműnél egy évben hány szivattyú hibásodik meg, de azt nem, hogy pl. a Puskás utca 13. alatti egység köztük lesz-e.*

Néhány ellentmondást az alábbiak foglalunk össze:

- Mintanagyság és kifejlődés:

Nagy ipari folyamatokban általában csak egy vagy két, legfeljebb néhány tíz (darab) eszközt használnak bármelyik típusból. Ráadásul ezek terhelési módja, működtetési és karbantartási jellemzői erősen változnak. Az adatbázis csekély tehát és ráadásul állandóan változik, az adattömegeket használó eljárásokkal így nem sokra jutunk.

- Komplexitás:

Az eszközök elemeinek száma és sokfélesége azt jelenti, hogy szinte lehetetlen kifejleszteni a megbízhatósági karakterisztikák teljes analitikai leírását egy teljes vállalkozásra, vagy a vállalkozáson belül bármely főbb részre. Komplikálja ezt az a tény, hogy sok funkcionális hibát nem kettő vagy három, de kettő vagy három *tucat* hibamód is okozhat. Mindezeknek az az eredménye, hogy míg elég könnyű grafikont készíteni, a funkcionális hibák előfordulásáról, a hibaminták leírása olyan soktényezős analízist jelent, ami a gyakorlatban majdnem lehetetlen.

- A jelentkező hiba értelmezése

További komplikációk merülnek fel a hibák azonosítása és megkülönböztetése során. Hasonló tüneteket más szervezetek eltérően értékelhetnek, ez további hibaforrást jelent.

Különbségeket okoznak a szervezetenkénti vagy akár a cégen belüli különböző teljesítési elvárások. A hibákat úgy jellemezzük, hogy az egység képtelen teljesíteni a meghatározott funkciók egyikét (vagy többet). Az igények természetesen különbözhetnek ugyanannál az eszköznél, ha a működési környezet változik. A hibák értelmezése esetenként tehát más és más elbírálás alá eshet. Ami hiba tehát az egyik szervezetben, lehet, hogy nem az egy másikban. Két – szemmel láthatóan azonos – egységnél ugyanaz a jelenség így teljesen más értelmezést nyerhet.

- A karbantartási politika alapja

A sikeres karbantartási politika nem engedi meg a legfontosabb berendezések meghibásodását. A sikeres karbantartási politika alapja viszont a hagyományos szemlélet szerint éppen a bekövetkezett meghibásodások elemzése, azaz azt kellene elemezni, amit meg sem engedünk, hogy bekövetkezzen.

Az ellentmondás másik oldala az, hogy a csekélyebb következménnyel járó hibák bekövetkezését hajlamosak vagyunk megengedni. Nagy mennyiségű adat szerezhető be így ezekről a hibákról. De éppen a hibák csekély hatása miatt valószínű, hogy a rájuk épülő karbantartási politika nem lesz költséghatékony. Tehát, míg ezen információknak statisztikus analízise pontos lehet, elemzésük többnyire csak idő- és pénzpocsékolás.

Következtetés: a karbantartási szakembereknek a hibák számlálásától a problémát okozó hibák *megelőzésére* kell fordítaniuk figyelmüket. A hatékonyság eléréséhez meg kell barátkoznunk a bizonytalanság gondolatával, és felállítanunk egy stratégiát, amely lehetővé teszi, hogy biztos kézzel foglalkozzunk vele.

### Az RCM-elemzés

Mielőtt az eszközök karbantartásának elemzését megkezdénénk, szükséges tudnunk, hogy milyen eszközökkel rendelkezünk, és döntenünk kell arról, hogy ezek közül melyeket vessük alá az RCM-folyamatnak. Az eszközök listájának a meghatározása után következik annak a kérdéssornak a feltétele, melyet RCM-elemzésnek nevezünk, és amely valamennyi későbbi karbantartási döntésünk meghatározó alapja lesz.

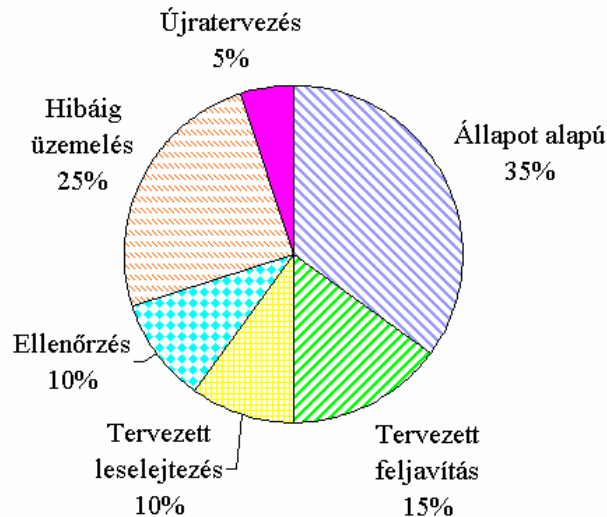
#### Az RCM-elemzés hét kérdése:

1. Melyek a berendezés funkciói és a kapcsolódó teljesítményparaméterek a jelenlegi működési környezetben? (Funkciók és teljesítményelvárások)
2. Milyen módon hiúsulhatnak meg e funkciók? (Funkcionális hibák)



3. Mi okozhatja az egyes funkcionális hibákat? (Hibamódok)
4. Mi történik akkor, amikor az egyes hibák bekövetkeznek? (Hibahatások)
5. Milyen következményekkel járnak az egyes hibák?
6. Mit tehetünk az egyes hibák megelőzéséért?
7. Mit tehetünk akkor, ha valamely hibára nem találunk megelőzési módot?

Az RCM elemzés végeredménye egy tudatosan felépített karbantartási mix, amire A 2.15. ábra mutat példát.



2.15. ábra A karbantartási feladatok jellemző megoszlása

Az RCM nagy előnye, hogy a korábbi – általában ösztönös – rendszerkialakítás helyett műszakilag megalapozott, nyomon követhető és dokumentált, szisztematikus rendszerkialakítást tesz lehetővé. A gyakorlatban az összes hibamódhoz kapcsolódó karbantartási feladat kb. 35 %-a tervezett állapot alapú, 15 %-a tervezett felújítási jellegű („TMK”), 10 %-a tervezett leselejtezés jellegű.

#### Az RCM-folyamat további eredményei

- A berendezések működésének jobb megértése,
- A meghibásodások és a hibák kiváltó okainak jobb megértése,
- A tervezett karbantartási akciók megalapozottabb listája,
- Jelentősen javuló csapatmunka,
- Nagyobb biztonság és eredményesebb környezetvédelem,
- Javuló működési eredmények (termék mennyiség és minőség, vevői elégedettség, stb.),
- Jobb karbantartási költséghatékonyság,
- A költséges elemek és berendezések hosszabb élettartama,
- Megbízható karbantartási adatbázis.

Mint látható, az eredmények jelentős hányada nem közvetlenül a karbantartási költséghatékonyságot, hanem a cég egészének működését javítja. Ez a tény is a komplex vállalati gondolkodás fontosságára hívja fel a figyelmet: nem szabad rövidlátóan kizárólag a közvetlenül felmerülő karbantartói költségekre koncentrálni.

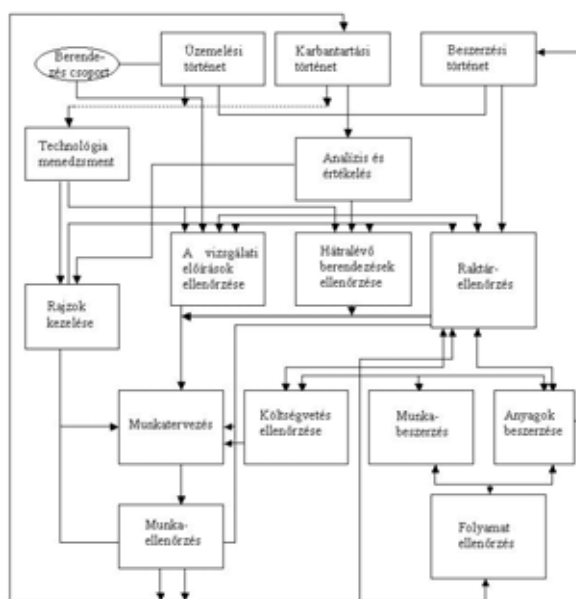
Az RCM kapcsán meg kell említeni még az '50-es években kifejlesztett FMEA (Failure Mode and Effect Analysis), és az ún RBM (Risk Based Maintenance) módszereket. Míg az előbbi sok szempontból az RCM elődjének tekinthető, addig az utóbbi az üzleti kockázat nagyobb fokú hangsúlyozásával tulajdonképpen egy módosított RCM-ként kezelhető.

## 2.2. 2. A számítógéppel támogatott karbantartási rendszerek

### Mi a CMMS?

A CMMS (Computerised Maintenance Management System – Számítógépes Karbantartás Menedzsment Rendszer) egy gyűjtőfogalom, több ezer konkrét termékkel. Mint a neve is mutatja, elsősorban a karbantartási vezetők munkáját segíti a naprakész adatokon alapuló döntések meghozatalában. Sokan egyfajta katalizátornak tekintik a versenyelőny elérésében. Sajnos Magyarországon még egyelőre a vállalati informatika legelhanyagoltabb területe, bár az utóbbi időben egyre többen kezdik felismerni a jelentőségét. Egy ismert megállapítás szerint „ami nem mérhető, az nem is irányítható”, márpedig a CMMS kiváló eszköz a karbantartási teljesítmény mérésére – azoknál a vállalatoknál, ahol alkalmazzák. Tudnunk kell azonban, hogy a szoftver csupán egy eszköz, amely hihetetlen mértékben segíti, de önmagában nem javítja meg a karbantartást. Bevezetése előtt át kell gondolni és rendbe kell tenni a karbantartási rendszert, mert ennek hiányában csak a rossz információkat áramoltatjuk – minden eddiginél nagyobb mértékben. („A tehéncsapásra betonutat húzunk”.) A CMMS alapvetően tehát nem egy karbantartási rendszer, helyes működtetésével azonban a vállalat olyan átgondoltságot és rendszerességet ér el, hogy az már gyakorlatilag rendszernek nevezhető.

Miért szükséges a CMMS? A kérdés megválaszolásához gondoljuk át, hogy mi mindenre kell a karbantartás vezetőjének ügyelnie! A 2.16. ábra a karbantartási munkairányítást mutatja be egy modell szerint. Minden egyes téglalap olyan funkciócsoportot és munkát takar, amelyek megtervezése, irányítása, elvégzése igen bonyolult, összetett. Mindezeket a feladatokat napi gyakorisággal, a termelés igényeinek állandó figyelemmel kísérése mellett, a kialakuló váratlan hibák elhárítása közben akár fejen, vagy papíron magas hatékonysággal megtervezni, végrehajtani, dokumentálni és ellenőrizni szinte lehetetlen, hacsak nem sakknagymester az illető. A kulcsszó itt is a hatékonyság. Ez az a tényező, amit ha komolyan veszünk, kikényszeríti a számítógép alkalmazását.

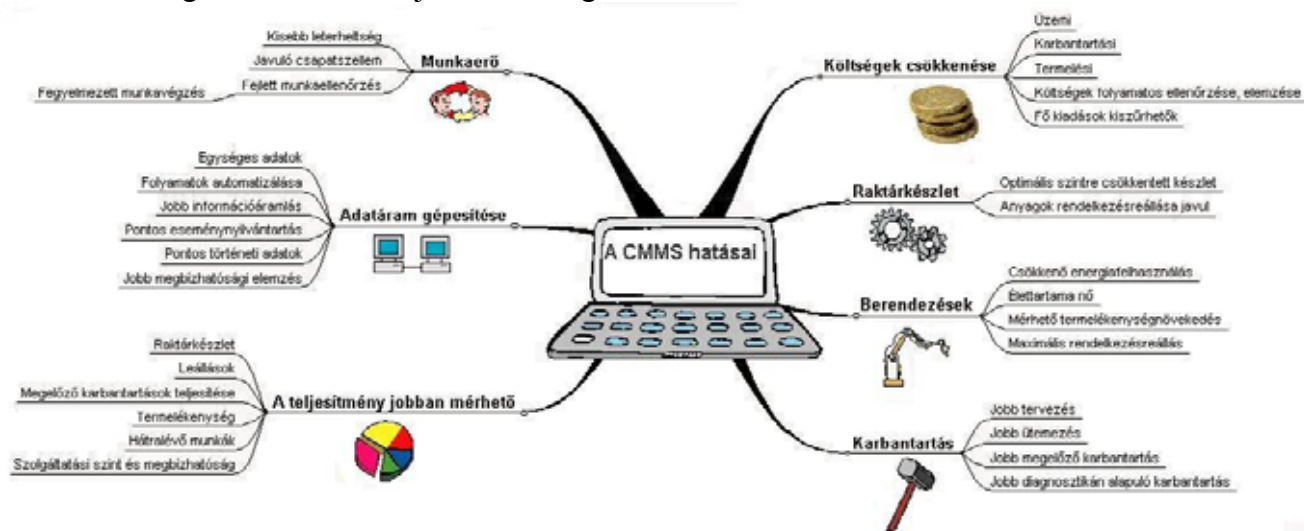


2.16. ábra Mi mindent kellene a karbantartási vezetőnek észben tartania?

A CMMS története kb. 20-25 évre nyúlik vissza. A kezdeti változatok célja a karbantartási munkák jobb szervezése és követése volt. Napjainkra a CMMS feladata jelentősen megváltozott és sokoldalúbbá vált.

### Mit várhatunk el a CMMS alkalmazásától?

A CMMS végtelennek tűnő céljai közül a legfontosabbakat a 2.18. ábrán szemléltettük.



2.17. ábra A CMMS legfontosabb céljai és hatásai

Magyarországon sok vállalat saját fejlesztésű CMMS-t alkalmaz, mások ún. konzervrendszerrel vásárolnak és igyekeznek testre szabni. Mind gyakoribbak az integrált vállalatirányítási rendszerek karbantartási moduljaival való feladatmegoldások. A Szerző szubjektív véleménye szerint a konzervrendszerek (pl. Eagle Proteus, Maximo, Megamation), amelyek már a hatodik – tizedik generációnál járnak mindenképpen előnyösebbek a saját fejlesztéseknél, hiszen

- azonnal megvásárolhatók, nem kell éveket várni a fejlesztésükre, a kísérletezgetésre,
- már kiküszöbölték a gyermekbetegségekből, a tapasztalatlanságból származó hibákat,
- a fejlesztők világszerte folyó versenyének – egymásra való figyelésének köszönhetően a legjobb gyakorlatokat összegzik,
- és biztos kézben van a folyamatos fejlesztésük és hibaelhárításuk.

A vállalati szintű nagyrendszerek (pl. SAP, IFS) mind nagyobb mértékben hatolnak be a CMMS piacra is és mind inkább megfelelnek a vállalati valós karbantartói igényeknek.

### 2.2.3. Karbantartási mérőszámok

A mérőszámok rendszere, a tény alapú döntéshozatal, a folyamatos fejlődés alapja. Míg korábban sokan megkérdőjelezték, hogy a karbantartási tevékenységet egyáltalán lehetséges-e mérni, addig ma már ez nem lehet vita tárgya.

Sokkal jelentősebb azonban annak a problémának a megoldása, hogy a nagyszámú karbantartási mérőszám közül melyiket alkalmazzuk. Általános javaslat az, hogy célszerű kiválasztani ötöt-nyolcat közülük, a legjellemzőbbeket, és azokat figyelni és azok alapján hozni meg a döntéseinket.

A mérőszámok alkalmazásakor azok értelmezése is fontos kérdés. Egy vállalatnál amennyiben az egyik karbantartási mutatószám romlik, az még nem feltétlenül jelenti azt, hogy romlott volna a karbantartási teljesítmény. A változást okozhatja a géppark elöregedése, egy-egy matuzsálemi korú eszköz bekerülése a gyárba, vagy éppen egy hosszán tartó nyári forróság.

A mérőszám rendszer felépítésekor tudni kell azt is, hogy mi a célunk, mire vagyunk kíváncsiak, illetve mi a stratégiai cél. Teljesen más megközelítést kell alkalmazni pl. akkor, ha egy vállalat piaci helyzete kiváló („a vevők könyörögnek a nagyobb szállítási kedvért”) vagy, ha ellenkezőleg, az igen rossz. Az előbbi esetben az outputtal, a termelékenységgel és nagy valószínűséggel a minőséggel kapcsolatos mérések lesznek fontosak, míg az utóbbiban a költségekhez és forrásokhoz kötődők.

Vegyünk sorra néhány jellemző mérőszámot a 2.2. táblázat szerint

#	Mérőszám	Adatok gyűjtése könnyű?	Értelmezése	Megjegyzés
1	MTBF	Igen	Meghibásodások között átlagosan eltelt idő. Ha nő az értéke, javul a helyzet	Igen elterjedt
2	MTTR	Igen	Meghibásodás esetén az átlagos elhárítási idő	Elterjedt
3	Reakció idő	Közepes	Meghibásodás esetén a karbantartás átlagos megjelenési ideje a hibás eszköz mellett	Ritka
4	Javítási idő	Közepes	A javítás kezdete és befejezése közötti idő	Ritka
5	Létszám	Könnyű	A karbantartók száma	Költségmentes cégeknél inkább
6	...villamos	Könnyű	A villamos karbantartók száma (hasonlóan gépész, műszeres,)	Szakmai szempontok
7	Anyagfelhasználás	Közepes	Költségtakarékossági vagy műszaki elemzési céllal	Elterjedt
8	Szolgáltatók	Könnyű	A külső szolgáltatókra költött pénzmenyiség	Elterjedt, költségmenteseknél főleg
9	Külső/belső	Könnyű	A munkákból mennyit végez a külső szolgáltató ill. a saját állomány	Stratégiai szempontok
10	Vezetők száma	Könnyű	A karbantartó szervezetben a vezetők száma abszolút értékben vagy a „kékgalléros dolgozókhöz” viszonyítva	Stratégiai szempontok
11	Rezsi	Könnyű	A tevékenységet terhelő költségek felmérésére	Költségmentesek
12	Képzési költség	Könnyű		Költségmentesek

#	Mérőszám	Adatok gyűjtése könnyű?	Értelmezése	Megjegyzés
13	Képzési órák	Közepes	Önmagában az órák száma, és/vagy szakmánként	Szakmai szempontok
14	Munkamegrendelések száma	Közepes	Összesen, területenként, szakmánként	Folyamatjellemző
15	Leterheltség	Nehéz	A karbantartók idejének hányad részét használják fel hatékonyan	Folyamatjellemző
16	Tervezett munka aránya	Nehéz	Az összes tevékenységből hányad rész történik előre tervezés alapján, ill. mennyit „hoz az élet”	Különösen a multiknál népszerű
17	% tevékenység fajta	Nehéz	Az összes karbantartási tevékenységből mennyi az idő alapú, a tűzoltás, diagnosztika, stb.	Folyamatjellemző
18	Meghibásodások száma	Közepes	A meghibásodások darabszáma	Folyamatjellemző
19	A meghibásodások miatt keletkező kár (kieső haszon)	Nehéz	Valójában ez érdekelné a menedzsmentet és ennek kellene a súlypontkeresési alapnak lennie	Folyamatjellemző
20	Műszaki rendelkezésre állás	Közepes	Az az időarány, amit az összes kívánt időből a berendezés üzemelés kész állapotban tölt	Fontos folyamatjellemző
21	Termékminőségi jellemzők	Közepes	Abban az esetben van értelme, ha a termék állapota érzékeny a berendezés állapotára	Folyamatjellemző
22	Igénybevétel mértéke	Könnyű	A berendezés ténylegesen mennyire leterhelt, mi az igény vele szemben	Folyamatjellemző, stratégiai kérdés
23	Karbantartási költség	Könnyű	Sok esetben ide könyvelnek számos más elemet	Valójában kisebb a jelentősége, mint sokan hiszik
24	Fajlagos karbantartási költség	Közepes	Pl. 1 tonna kenyérré eső vagy A üzem karbantartása vagy gépészeti jellegű vagy X Ft értékű gépállományra eső, stb.	Érdekes és fontos mérőszám. A kapott értékek jelentésén szinte mindig el kell gondolkodni
25	Megismételt karbantartás	Nehéz	Azokat a karbantartási eseményeket vizsgálja idő, db, költség dimenzióban, amelyek egy már „nemrég” javított berendezés újra javítását jellemzik	Fontos, de problémás jellemző

#	Mérőszám	Adatok gyűjtése könnyű?	Értelmezése	Megjegyzés
26	Gépkezelői	Nehéz	A gépkezelők által karbantartásra fordított idő abszolút vagy relatív értelemben	Fontos folyamatjellemző
27	Munka/anyag	Könnyű	A munka és az anyagköltség összevetése, ill. az utóbbi önmagában	Folyamatjellemző
28	Időtartam alatti hibák	Közepes	Egy bizonyos időszak, pl. a nagyjavítás előtti és utáni hibák számát (hatását) vetjük össze	Folyamatjellemző
29	Karbantartási túlórák száma, aránya	Könnyű	A karbantartó szervezet leterheltségére, ill. a váratlan események hatásaira utal.	Folyamatjellemző, stratégiai elem
30	T cédulák száma	Könnyű	A TPM-ben keletkezett T cédulák száma időegységenként	Folyamatjellemző
31	Elhárítatlan T cédulák száma, aránya	Könnyű	Figyelembe vehetjük az abszolút értéket vagy az időszakonkénti elhárítási arányt.	Folyamatjellemző
32	Átlagos T cédula elhárítási idő	Közepes	Figyelembe kell venni, hogy a T cédula nem a „tüzek eloltásáról”, hanem az előre cselekvő karbantartásról szól	Folyamatjellemző
33	Összetett mérőszámok	Nehéz	Bizonyos esetekben több mérőszámot szokás matematikai alpműveletekkel kezelve megkeverni.	Véleményünk szerint az értelmezhetőség komoly csorbát szenved. Nem javasoljuk.

## 2.2. táblázat Néhány fontosabb karbantartási mérőszám

Természetesen még igen nagyszámú mérőszámot fogalmazhatunk meg, ill. eleve létezik és népszerű (pl. OEE)). A felsorolás harminchárom sora mögött kb. száz mérőszám létezik és a vállalatoknál újabbakat tudunk kreálni. Látni kell azonban azt, hogy minden mérés annyit ér, amennyit használunk belőle, azaz ha az adatok megbízhatatlanok, vagy semmiféle következtetést nem vonunk le a begyűjtött jellemzőkből, akkor magunk is veszteséget termelünk.

### 2.2.4. A TPM

A Teljeskörű Hatékony Karbantartás (TPM) olyan karbantartási **és** termelési rendszer, amelynek célja a termelékenység folyamatos növelése, valamint a kényszerleállítás és meghibásodás nélküli termelés. A célok eléréséhez a vállalat valamennyi dolgozóját aktív, kiscsoportos részvételre sarkallja. Szorosan kapcsolódik a Teljeskörű Minőség Menedzsmenthez (TQM), és támaszkodik az állapotvizsgálati technikákra. Egyik legfontosabb alapelve a folyamatos belső fejlődés támogatása.

Más megfogalmazásban: A TPM egy folyamatos üzemfejlesztési módszertan, ami a gyártási folyamat gyors és folyamatos fejlesztését segíti elő az alkalmazottak bevonásával, jogkörrel történő felruházásával és az eredmények zártkörű mérésével.

A „karbantartás” szó sokakat megtéveszt, a TPM ugyanis messze túllép a szó hagyományos értelmezésén, és legalább annyira termelékenység-fejlesztési rendszer, mint fenntartási, javítási.

#### 2.2.4.1. A TPM története

Az USA-ból, a '30-as évek Bell Laboratóriumaiból Walter Shewart fizikustól származik a "nulla hibás" gyártás elv célkitűzése és annak a biztosítása, hogy a minőséget az egész termelési folyamatba beépítsük. Nemcsak a tökéletes gyártási folyamat kialakítását kísérli meg, de célul tűzi ki a pillanatnyi termék folyamatos javítását, az új termék kifejlesztését és a költségsökkentést is. Japánba a II. Világháború után került át ez a megközelítés W. Edward Demingnek és Joseph Jurannak köszönhetően, akik tanácsadóként vettek részt a háború pusztította ország iparának újjáépítésében.

Statisztikusként Deming kezdetben abban segítette, hogy miként kell a gyártás során keletkező adatokat a minőség szabályozására használni. A kezdeti statisztikai eljárások és a japán munkamorál közös eredményeként létrejövő minőség szabályozó elméletek rövid idő alatt a japán ipar szerves részévé, mintegy életmódjává váltak. Az új gyártási filozófia végül Total Quality Management (TQM) néven vált ismertté.

A II. Világháború után a Japán gazdaság romokban hevert. Az USA nyújtott segítséget iparuknak. Mivel a befutott tanácsadók főleg a népszerű Európába mentek, ezért Amerika legjobb egyetemén frissen végzett fiatalok egy részének „csak” Japán jutott. Így szerezte meg Japán a legmodernebb ismereteket, és így jutott el oda az 1950-es évek elején a megelőző karbantartás.

A TPM, mint a gépek japán karbantartási és menedzsment rendszere, a termelékeny karbantartásból (PM) alakult ki. Míg az Amerikai Egyesült Államokban az volt a jellemző, hogy a karbantartást és a termelést teljesen különválasztották, addig a japán stílusú TPM az egész (Total) vállalatot bevonja a karbantartásba. Nem a karbantartók azok az emberek, aki a hibaelőjeleket először felismerik majd, hanem a gépkezelők, akik napi nyolc órában a gép mellett tevékenykednek és a gép legkisebb zörejét is ismerik. Ők az egyszerűbb tisztítási és karbantartási feladatokat is elvégezhetik, segíthetnek a karbantartóknak az egyszerűbb javításokban. Sok cégnél a TPM bevezetése előtt a termelők és karbantartók viszonya nem mindig felhőtlen. Ha egy gép lerobban, akkor a karbantartó és a gépkezelő nem is találkozik. Sok fontos információ elveszik. A termelők tudása hatalmas előnyt jelent a TPM-et alkalmazó vállalat számára. De hogyan is valósítja meg ezt a TPM?

Amikor a TQM részeként felülvizsgálták az üzem karbantartási problémáit, kiderült, hogy a karbantartásra vonatkozó, addig elfogadott elméletek több ponton is tévesek. A tervszerű megelőző karbantartás során a termelés biztosítása a berendezések „túljavítását” eredményezte. („Ha egy kevés olaj jót tesz, még több jobb lesz.”) A karbantartási program kialakításába nem vonták be a gépek kezelőit, és a gyakran alacsony szintű karbantartói kultúra is problémát okozott.

Az a felismerés vezetett végső soron a TPM-hez, ami szerint a modern technológia hatékony alkalmazása csak és kizárólag az alkalmazottak aktív bevonásával valósítható meg. A

dolgozók bevonása a folyamatba, továbbá **az ember és a gépek kapcsolatának optimalizálása** jelenti az eszközt a berendezések hatékonyságának maximalizálásához.

A Total Productive Maintenance (TPM) kifejezés eredetével kapcsolatos viták még ma is folynak. Az egyik tábor szerint először amerikai (USA) gyártóktól, az '50-es évek elejéről származik. Mások ragaszkodnak ahhoz, hogy egy, a Toyotának beszállító Nippondenso nevű, automata elektromos részeket gyártó japán cégnél az 1960-as évek végén használt karbantartási programból ered a név. Nakajima, a Japan Institute of Plant Maintenance alelnöke fektette le írásban a mai TPM alapjait, amit Japánban '71-óta alkalmazott. Alapműve, a *TPM Nyumon* 1984-ben jelent meg, majd '88-ban került fordításra *Introduction to TPM* (Bevezetés a TPM-be) címmel. 1987-es Egyesült Államokbeli előadókörútja hozta meg az áttörést az amerikai kontinensen. Az USA-ban 1990-ben tartották az első nagy létszámú TPM-konferenciát. Napjainkban több tanácsadó társaság szervez rendszeresen TPM-rendezvényeket, illetve végez tanácsadást, és szakértőként segít a rendszer bevezetésében.

A '90-es évek eleje óta a nyugati vállalatok mind nagyobb száma alkalmazza – változó eredménnyel – a TPM filozófiáját, amely Magyarországra a '90-es évek elején jutott el elsősorban zöldmezős autóiipari beruházások révén. Az évezred végére néhány hazai vállalat már komolyan fontolóra vette a TPM bevezetését, és néhány helyen megtörténtek a kezdeti, bevezető lépések.

Az ezredfordulóra már a TPM számos változatával találkozni. Elegendő a nevek sokaságára gondolni:

- Total Productive **Management** - vezetés,
- Total Productive **Manufacturing** - gyártás,
- TPM3 – ami, egyrészt harmadik generációs TPM-nek titulálja magát, másrészt mindhárom „M”-mel kezdődő szóra utal: Maintenance, Management, Manufacturing),

amelyek tartalmukban valóban egy kicsit más és más rendszert jelentenek. Azt is érdemes megemlíteni, hogy az eredeti, nakajimai elképzelés öt pillére (öt fő területe) kibővült egyes felfogások szerint 10-12 pillérré, megint mások azonban csak 2-4 pillérű TPM-et vezetnek be. Előfordul az egy pilléres (!) TPM is.

Az egyes TPM-bevezetések különbözőségét még az is tetézi, hogy az azonos elnevezésű és pillérszámú TPM-változatok nagyban különböznek attól függően, hogy pl. egy sörgyár vagy egy gépgyár, netán egy folyamatos üzemű finomító vezeti e be a rendszert. Jelentősek az eltérések a megegyező profilú vállalatoknál alkalmazott TPM-rendszerek között is. Ez tükrözi a vállalati kultúrák eltérőségét.

#### 2.2.4.2. Mi a TPM?

Ebben a kérdésben a szakirodalom nemhogy nem egységes, de még választ is alig-alig ad. Még a legautentikusabbnak tekinthető JIPM is kerüli munkáiban a választ erre az egyszerű kérdésre. Mindenesetre szerepeljen itt néhány válasz a szakirodalomból:

- A Teljeskörű Hatékony Karbantartás (TPM) olyan karbantartási **és** termelési rendszer, amelynek célja a termelékenység folyamatos növelése, valamint a kényszerleállás és meghibásodás nélküli termelés. A célok eléréséhez a vállalat valamennyi dolgozóját aktív, kiscsoportos részvételre sarkallja. Szorosan kapcsolódik a Teljeskörű Minőség Menedzsmenthez (TQM) és támaszkodik az állapotvizsgálati technikákra. Egyik legfontosabb alapelve a folyamatos belső fejlődés támogatása.



- A TPM egy folyamatos üzemfejlesztési módszertan, ami a gyártási folyamat gyors és folyamatos fejlesztését segíti elő az alkalmazottak bevonásával, jogkörrel történő felruházásával és az eredmények zártkörű mérésével.
- A TPM a termelés teljes vertikumát érintő karbantartási, általános műszaki és vezetési elemeket alkalmazó rendszer, melynek célja a termelékenység folyamatos növelése a termelési veszteségek csökkentésén keresztül.
- Üljenek össze a vállalat legokosabb emberei. Tartsanak ötletbörzét arról, hogy miként lehetne a termelékenységet növelni. A megszülető kétszáz jó ötlet mellé „ollózzunk” további ötvenet a világ minden tájáról. Az így született ötletthalmazt strukturáltan, az egyes elemek szinergiáját kialakítva, dolgozói motiváltsággal felerősítve gyúrjuk rendszerré. Amit így kapunk, az nagyon hasonlít ahhoz, amit TPM-nek nevezünk.

#### 2.2.4.3. Miben különbözik a TPM megközelítése a hagyományos karbantartási felfogástól?

A “Teljeskörű Hatékony Karbantartás” kifejezéssel (ennél fogva a TPM filozófiájával és technikáival) a nyugati fül számára az a probléma, hogy a TPM-et karbantartási funkciónak, vagyis a karbantartó részleg ügyének tekinti termelési és egyéb vonatkozások nélkül. Ez a szemlélet alapvetően téves, sőt épp az ellenkezője igaz. A TPM gondolkozása abszolút gyártásközpontú, **a termelést és a karbantartást egyenlő partnerekként** kezeli, de minden, amit tesz, az a nagyobb termelékenységet szolgálja.

A „karbantartás” szó Japánban lényegesen szélesebb értelmű, mint a nyugati világban. Egy TPM-elvű cégnél **a karbantartás a termelés és a minőségi rendszerek integritását és javítását szolgálja a berendezések, folyamatok és emberek vonatkozásában. Ezen tényezők adnak értéket a termékeinknek és szolgáltatásainknak.** Ez a meghatározás ugyan hosszabb, de szélesebb értelmű, és pontosabban mutatja a célt.

A TPM számos ponton túlmutat a karbantartás hagyományos értelmezésén. Nem kizárólag a termelésre, de a minőségi rendszerekre és a kettő kapcsolatára is koncentrálnak. A gépek és berendezések mellett központi szerepet kap az ember (ki tart karban, miért, hogyan, hogyan segítjük, motiváljuk, stb.). A TPM a karbantartókat éppúgy értékteremtőnek tekinti, mint a termelőket.

A TPM rendszerében nem mondhatjuk többé, hogy „én termelek, te pedig javítasz” vagy „én értéket teremtek, te pedig pénzbe kerülsz”. A TPM szerint „mi mind a ketten felelősek vagyunk ezért a folyamatért vagy berendezésért, és mi határozzuk meg egymás között a termelés, karbantartás és kiszolgálás legmegfelelőbb módját”. Ennek az alapvető szemléletbeli különbségnek igen fontosak a következményei, és kiemelkedők az eredményei.

#### 2.2.4.4. A TPM néhány jellemzője

A TPM olyan módszereket foglal magába, amelyek a berendezés hatékonyságának javítását mozdítják elő: adatgyűjtés, elemzés, problémamegoldás és folyamatszabályozás.

- A TPM támogatja a berendezések folyamatos fejlesztését, és e cél érdekében belső szabványosítást, munkahelyszervezést, vizuális menedzsmentet és problémamegoldó technikákat alkalmaz.
- Bevon olyan részlegeket is a közös munkába, mint a tervezés, minőségbiztosítás, termelésszabályozás, pénzügy és beszerzés, mert ezek kapcsolatban állnak a berendezésekkel. Ez természetesen a vezetést és a felügyeletet jelenti.

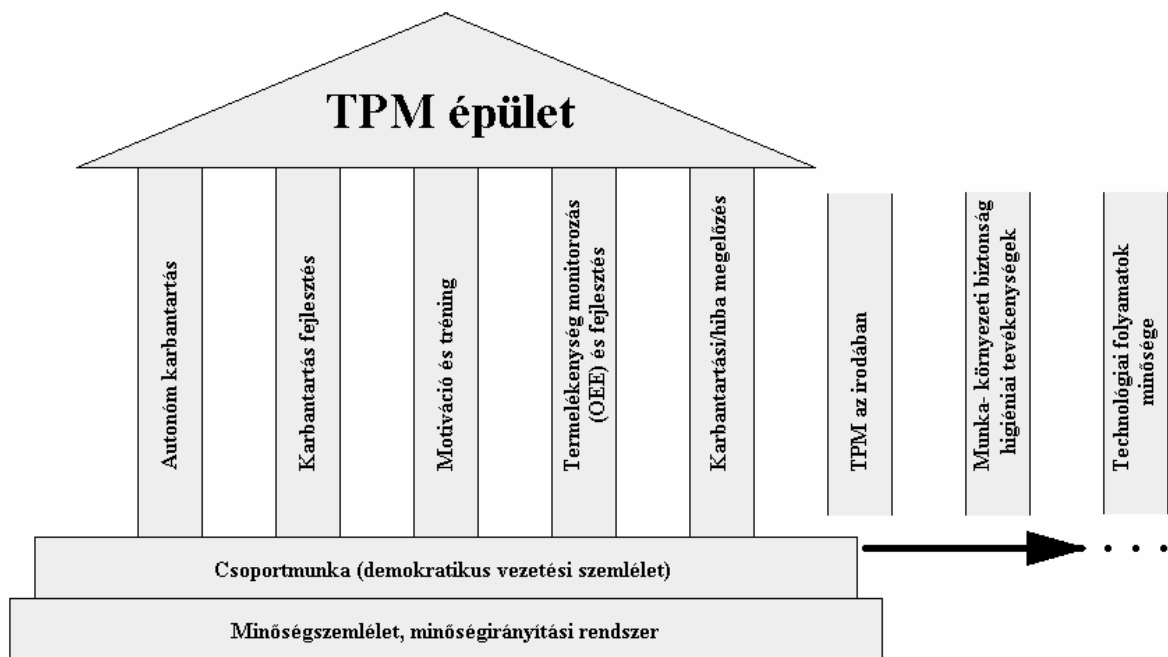
- A TPM a teljes körű minőség és a csapatmunka gyakorlati alkalmazása.
- A TPM egy decentralizációs és feladatdelegálási folyamat.

#### 2.2.4.5. A TPM klasszikus (nakajimai) felfogása

A nakajimai TPM 5 pillérből áll:

- A jól képzett termelőkkel alakítsuk ki a tisztítást és a sajátérs (autonóm) karbantartást.
- Fejlesszük és tegyük hatékonyvá, célirányossá a karbantartást.
- Fejlesszük a termelők és a karbantartók tudásszintjét és motivációját.
- Folyamatosan mérjük a berendezés-kihasználtságot (OEE – 6 veszteségforrás alapján), és vizsgáljuk a hatékonyságot csökkentő tényezőket. Hajtsunk végre célzott fejlesztéseket a fő veszteségforrások visszaszorítására. (A korszerű TPM-szemléletben már 11 veszteségforrásra és a biztonságra is koncentrálnunk.)
- Vezessünk be olyan megelőző technikákat, mint a javított berendezés-tervezés és kiválasztás. (A korszerű TPM-felfogásban ide tartozik a meglévő eszközök fejlesztése, a csekélyebb problémák sorának eliminálása.)

A mai „korszerű” TPM-szemlélet további pilléreket foglal magába, pl. a 2.18. ábrán látható módon. A különböző megközelítésekben léteznek 7, 9, 12 stb. pilléres TPM-ek is.



2.18. ábra A TPM felépítésének öt építőkőve – japán iskola – és kibővítés

A felsorolt öt pillér adja a TPM kialakításának teljes programját. Mindegyik egy speciális részelt követ, és egyenként hét pontosan meghatározott lépésből („építőkőből”) áll, azaz összesen 35 ilyen lépést foglal magába. A célok eléréséhez ezeket az építőkőveket mind maradéktalanul ki kell alakítani.

Az összes építőkő egymásra pozitívan hat, szinergiában adja meg a sok területet érintő és *folyamatra* vonatkozó TPM-konceptiót. Ez azt jelenti, hogy egy terület optimalizálását nem szabad egy másik terhére végrehajtani, hanem egységesen kell elérni javításokat.

## 1. Az autonóm karbantartás kialakítása

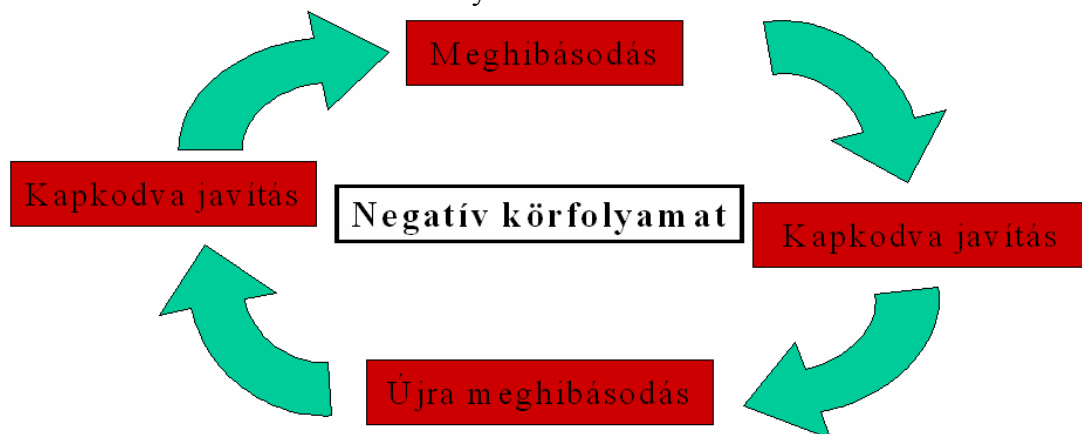
A TPM szemszögéből nézve a termelési és a karbantartási terület közötti szigorú elkülönülés gátolja a karbantartási problémák megoldását. A karbantartók állandóan túlterheltek, apró-cseprő, de azonnali megoldást követelő problémák sokaságával bajlódnak, miközben fontos feladatok elvégzése marad el. A karbantartók szerint a termelők „addig hajtják a gépet, amíg az szét nem esik” – míg a termelők szerint a karbantartások elvégzése nem elég gyors, rugalmas és hatékony. Az autonóm karbantartás ezeknek a problémáknak egy jelentős részét orvosolja meglepő gyorsasággal és hatékonysággal.

Az autonóm karbantartás azt jelenti, hogy a termelésben dolgozók önállóan végzik el a karbantartási feladatok egy részét. Ezek a munkák döntően ápolás, gondozás jellegűek, továbbá nagy szerepet kap az állapotellenőrzés (érzékszervi diagnosztika), esetenként a kenési műveletek. A termelők végzik el az apró javítási feladatokat (pl. egy kilazult csavar meghúzása), és esetleg segítenek a nagyobb javításokban (a karbantartók keze alá dolgoznak).

Más karbantartási feladatok, mint pl. bonyolult javítások, amelyek elvégzéséhez speciális szakképzettség szükséges, maradnak a karbantartási vonal kezében.

Az autonóm karbantartás pillérrel három célt követünk:

1. a jó együttműködés kialakítását a termelés és karbantartás között,
2. kitörést a negatív körfolyamatból (2.19. ábra),
3. a karbantartási intézkedések hatékony elosztását.



2.19. ábra Ha nem fordítunk elég időt a meghibásodások kezelésére, akkor könnyen megszorodhat a váratlan hibák száma, mert a hibák egy részét az erőltetett, kapkodva javítás okozza

A termelésben dolgozók hét lépésben tanulhatják és valósíthatják meg az autonóm karbantartást:

1. Kezdeti tisztítás – egy jó kiindulási állapot létrehozása
2. A szennyezőforrások elleni intézkedések és a hozzáférhetőség javítása
3. Az ideiglenes normák megállapítása
4. Az egész termelőberendezés ellenőrzése és gondozása
5. Az autonóm karbantartás kezdete
6. A munkahely megszervezése és javítása
7. Autonóm karbantartás

## 2. A tervszerű karbantartási program

A tervszerű karbantartási program a hagyományos értelemben vett karbantartás korszerűsítését, hatékonyabbá tételét szolgálja. Feladata azon karbantartási intézkedések végrehajtása, amelyek a gyártási folyamatot megbízhatóbbá, hatékonyabbá teszik.

Cél, hogy úgy tartsuk rendben a termelő-berendezéseket, hogy többé ne lépjenek fel ugyanolyan be nem tervezett leállások. Az ún. nullhiba állapot a valóságban csak teoretikus cél, de tény, hogy a hibaszám nagyságrenddel csökkenthető. E célhoz hozzájárulnak a gépkezelők is karbantartási rutinmunkájukkal, de a bonyolultabb karbantartási intézkedések végrehajtását továbbra is a karbantartási részleg végzi.

A tervezett karbantartás továbbá olyan tevékenységeket is tartalmaz, amelyek egyrészt a gyártási folyamatok minőségét és termelékenységét növelik, másrészt a karbantartási ráfordítást csökkentik.

A tervszerű karbantartási program során csökken tehát a „tűzoltások” száma, ez pedig hatékonyabb, átgondoltabb munkavégzést tesz lehetővé.

A tervezett karbantartási program szintén hét építőközből áll. Az első három lépés az **időbeli szabadságot** szerzi meg, hogy a negyedik lépésben megkezdődhessen a tervezett karbantartás. Az ötödik lépés a folyamatok javítása, hogy kisebb legyen az időigény az egyes karbantartási intézkedésekhez. A megtakarított idő megadja a karbantartás munkatársainak azt a lehetőséget, hogy a hatodik lépésben a **karbantartási ráfordítás csökkentésével** és a berendezések **teljesítményének növelésével** törődhessenek. A hetedik és egyben utolsó lépésben át lehet térni az addigra már bevezetett karbantartási program folyamatos továbbfejlesztésére.

A hét lépés felsorolása:

1. Kezdeti tisztítás - karbantartási prioritások felállítása
2. A gyenge pontok eliminálása
3. A karbantartási mix kialakítása
4. Információs rendszer létrehozása
5. A karbantartási teljesítmény növelése
6. Berendezés fejlesztés – karbantartási elemekkel
7. Tervezett karbantartási program

## 3. Motiváció és tréning

A hazai iparvállalatoknál uralkodó gyakorlat nem tartja fontosnak a fizikai állomány képzését, míg a motivációt gyakorlatilag a pénzzel azonosítják, és legyintenek a szó hallatán.

A valóság az általános hittel szemben az, hogy a működés sikeressége és hatékonysága szempontjából a képzés kiemelten fontos, hiszen itt érhető el a legjobb ráfordítás-megtérülési mutató. (Egy „kék galléros” karbantartó az USA-ban átlagosan 80 óra képzést kap évente, míg Magyarországon jó, ha tízet.) A motiváció pedig sokkal többet jelent fizetésemelésnél vagy jutalmazásnál.

A hibák, katasztrófák elemzésekor az esetek legalább 2/3 részénél olyan emberi hibára vezethető vissza a probléma, amely megfelelő képzéssel és hozzáállással elkerülhető lett volna.

A TPM-ben számos új feladatot várunk el dolgozóinktól, az elvárások mellé gyakorlatias oktatás is szükséges. Tudjuk azt is, hogy az emberi akarat nélkül a legjobb műszaki, szervezési eljárások sem érnek sokat.

A TPM módszerei és eszközei a legjobban gyakorlati példákkal tanulhatók meg. Nagyon fontos, hogy ne „akadémikus előadásokat” tartsunk, hanem, hogy a TPM módszereit létező problémákon mutassuk be. Fontos, hogy a bemutatás után a gyári kollégák gyári problémákat együtt oldjanak meg a képzés során. A tréning elnevezést ez az elv indokolja.

A pillér lépései:

1. Tudatosság
2. A TPM alapjai
3. A TPM eszközei
4. Kommunikáció a teamben
5. Autonóm karbantartás
6. Tervezett karbantartás
7. Gyártási ismeretek

#### 4. Karbantartási megelőzés (berendezés-fejlesztés)

A **karbantartási megelőzés** a berendezés karbantarthatóságát, hozzáférhetőségét és kezelhetőségét már a tervezési és beszerzési fázisban figyelembe veszi. Ez a karbantartás és a termelés munkatársaira is vonatkozik, mivel nekik kell később kezelniük, illetve karban tartaniuk a berendezéseket. Egy további nagyon fontos cél a hiba korai felismerése, és elkerülése.

Ha már a tervezésnél és a beszerzésnél a berendezések karbantartására és kezelésére is gondolnak, akkor sokkal kevesebb probléma bukkan elő a későbbiekben. A berendezések **karbantartható és kezelhető** megszerkesztéséhez a termelés és karbantartás munkatársainak tudása nagyon értékes és fontos. Ők járulhatnak leginkább hozzá a követelmények gyűjtéséhez. Csak akkor érhető el magas hatékonyság, ha a berendezések karbantartási és kezelési jellemzői megegyeznek a munkatársak igényeivel.

A **hibák korai felismerésével** lerövidíthető az üzembe helyezés és a stabil sorozatgyártás közötti idő. A múltban a hibákat jórészt csak az indulási lépésben ismerték fel.

A karbantartási megelőzés hét lépése:

1. Termékfejlesztés
2. Berendezés-koncepció
3. Berendezési konstrukció
4. Gyártás
5. Próbaindítás
6. Installáció
7. Üzemelés

Ez a pillér abból, a hazai vállalatok számára erősen idealisztikus és illuzórikus elgondolásból indul ki, hogy a termelőüzem olyan berendezést vásárol, sőt gyártat le, amelyet szeretne. Ezzel

szemben a valóság az, hogy döntően mások által „levetett” berendezéseket kapnak a cégek, a beszerzési döntések valahol a „világ másik végén” születnek, de ha egy cég új berendezést vásárolhat, akkor is csak a legkritkább esetben hajlandó a szállító bármiféle módosításra a standard termékhez képest.

A pillér eredeti gondolata, hogy a felhasználó adjon tapasztalati információt a szállítónak, aki majd ez alapján fejleszti a berendezések új generációját. A valóságban a gyártók jelentős része még erre sem hajlandó, bár mindnyájan ezt hirdetik önmagukról.

Vizsgáljuk meg inkább, hogy miként alakult ez a pillér a korszerű TPM-ben!

A már meglévő berendezések tökéletesítése a pillér fő feladata. Abból az alapelvből indul ki, hogy a legtöbb berendezés, ami egy tervezőasztalon született, a gyakorlatiasság szempontjából közel sem tökéletes. Felesleges funkciókat tartalmaz, amelyek egyben hibaforrások is, ugyanakkor számtalan kisebb nagyobb hiba-, probléma-, nehézségforrást is tartalmaz. Ezeket a TPM-ben gyűjtőnéven „féregnek” nevezzük.

1. nehezen tisztítható (pedig kellene) – ez esetben a tisztítást az emberek elhanyagolják,
2. nehezen látható (pedig kellene) – tipikus példák a szintmérők, mérőórák a berendezés alján vagy nem átlátszó burkolat mögött,
3. nehezen hozzáférhető (pedig kellene) – pl. egy olyan kapcsoló, ami két méter magasan van, és a kezelő csak egy székről éri el,
4. nehezen kenhető (pedig kellene) – pl. egy szénporos környezetben működő, hajtóműházon lévő, nem porvédett környezetű beöntőnyílás vagy egy nehezen/veszélyesen megközelíthető kenési pont,
5. nehezen kezelhető – pl. ergonómiailag nem megfelelően kialakított munkahely vagy idegen nyelvű kezelési feliratok a gépen,
6. nehezen javítható – pl. a Dacia 1310 fűtési rendszere, amely szinte „benszülött”,
7. szennyezőforrás – pl. a lánchajtás lánckerekeinél fröccsenő zsír
8. használaton kívüli – pl. technológiai módosítások miatt visszamaradt, de már nem használt csövek,
9. nem biztonságos – pl. egy vészleállító gomb a kezelőtől 8 méterre,
10. feladatok, amelyeket nem szoktak elvégezni – pl. porvédő maszk viselete,
11. minőségi hibát okozó – pl. levesporba csöpögő gépszír
12. kis hibák – pl. a megengedettnél nagyobb holtjáték.

A pillér feladata ennek a 12 feregnek a szisztematikus „kiirtása”. A férgek kezelői-karbantartói összeírása első alkalommal a kezdeti tisztítás során történik meg. Ezt követi egy berendezésről-berendezésre haladó újabb összeírás. A szisztematikus feregirtás során jellemzően heti több problémát oldunk meg („férgyet taposunk el”), illetve egyes problémákat cégszinten, miniprojekt során orvosolunk (pl. láthatóvá tétel). A problémák megoldása jellemzően nem kerül sokba, viszont ötletességet igényel.

## 5. A súlyponti problémák eliminálása (OEE pillér)

A pillér célja a berendezések hatékonyságvesztésének csökkentése fontos területeken. A TPM a berendezések termelékenységét egy OEE-nek (Overall Equipment Efficiency). Ennek a tényezőnek a javítása a TPM legfontosabb célja. A pillér feladata az OEE folyamatos mérése,

és azon veszteségeknek a szisztematikus visszaszorítása, amelyek a legtöbb veszteséget okozzák.

Mielőtt a pillér építőköveiről szó esne, vizsgáljuk meg az OEE kialakítását:

Az OEE azt méri, hogy az összes olyan időből, amit termeléssel kellene eltölteni, mennyi időt fordítunk ténylegesen eladható termék gyártására. Az O.E.E. a 6 fő veszteségre koncentrál:

Rendelkezésre állást csökkenti:

1. A meghibásodások miatt kieső idő
2. Átállási veszteségek

Teljesítményrátát csökkenti:

3. Üresjárat, mikroleállás (van olyan iparág, ahol az összes veszteségidőnek ez a felét adja!)
4. Csökkentett sebesség melletti termelés

Minőséggrátát csökkenti:

5. Minőségi veszteség (selejtgyártás és újramunkálás)
6. Indítási veszteség

Az OEE soha nem haladhatja meg az 1,00-t vagy a 100%-ot. A számítás egyik dimenziója tehát az idő, de választhatjuk a termelt mennyiséget is: X mennyiség eladható terméket gyártott a cég adott idő alatt, miközben, ha minden tökéletes, Y mennyiséget kellett volna gyártania, azaz  $OEE = X/Y$ .

A gyakorlatban az OEE mérése számos problémát vet fel. Sok esetben mérlegelni kell, hogy melyik veszteséget hova soroljuk. Pl. mikortól leállás egy termelési fennakadás vagy mikor mikroleállás? Hogyan számolom egy olyan gép OEE-jét, ami termelési okokból a héten csak 8 órát üzemelt, stb. ?

Komoly probléma, pontosabban önbecsapás az a megközelítés, amit számos vállalat alkalmaz: a gyártósorok névleges teljesítőképességét veszik alapul, miközben a valóságban ennél többre képes a gyártósor (esetleg gépgyorsító módosítások eredményeként). Az OEE érték így gyakran közel áll a 100 %-hoz, sok esetben azt lényegesen meg is haladja, vagyis a cégek „feltalálták” a termelési perpetuum mobilét... .

A gyakorlatban az OEE-számítás megkezdése előtt célszerű egy számítási módszertanban megállapodni, és azt követni. Kisebb baj az, ha az OEE-t nem a TPM-elméletnek tökéletesen megfelelő módon számítjuk, mintha következtelenek vagyunk.

(Az OEE számítása felveti azt a kérdést is, hogy a vezetés minél magasabb értékeket szeretne látni, de a valóság nem mindig szép. Nagy a kísértés tehát, hogy az OEE-értéket irreálisan feljavítsuk és ezzel a vezetésen túl saját magunkat csapjuk be. Mindenkinek meg kell érteni, hogy az OEE mérése, csakúgy, mint bármilyen mérés, kizárólag akkor tud segíteni, ha nem csalunk.)

Ha kidolgoztuk a mérés módját, kezdjük el mérni a jellemzőket a kritikus gépeken, vonalakon és folyamatoknál. Építsük fel a „legjobbak legjobbja” mutatót, és próbáljuk kialakítani azt a szemléletet, hogy „ha egyszer már sikerült elérnünk azt, akkor próbáljuk meg állandóan tartani”. A számításra a 2.3. táblázat ad példát.

	OEE %	=	Rendelkezésre állás (%)	*	Teljesítmény ráta (%)	*	Minőségi ráta (%)
Elfogadott cél (világszínvonal)	85	=	90	*	95	*	99
1. hét	75	=	85	*	93 (legjobb)	*	95
2. hét	76	=	88 (legjobb)	*	90	*	96
3. hét	72	=	86	*	91	*	92
4. hét	68	=	82	*	85	*	98 (legjobb)
Átlag	73	=	85	*	90	*	95
Legjobbak legjobbjá	80	=	88	*	93	*	98

2.3. táblázat Az OEE-érték számításának tényezőiből felállított „legjobbak legjobbjá” az első elérendő cél.

Az OEE-számítás első hetei után a számítási módszertan kiegészítése és módosítása szinte minden esetben szükségessé válik. Ez természetes része a folyamatos fejlődésnek, nem kell tőle megijedni.

A pillér hét építőköve az alábbi:

1. A veszteségforrások azonosítása
2. A súlypontok meghatározása
3. A javító csoportok kialakítása
4. Okelemzés
5. Az intézkedések kidolgozása
6. Az intézkedések végrehajtása
7. A hatékonysági ellenőrzés végrehajtása

A 4-7. építőkövek nem egy egyszer végrehajtandó folyamatot takarnak, hanem ciklikus problémamegoldást. Vesszük az első problémát, elemezzük, ellenintézkedést dolgozunk ki, azt alkalmazzuk, ellenőrizzük a végrehajtást. Ha az intézkedés sikeres volt, akkor állandósítjuk, általánosítjuk más területekre, szükség esetén oktatjuk, és bevonjuk a TPM-et népszerűsítő hírverésbe. Vesszük a második problémát, ... stb.

Amíg a berendezés-fejlesztési pillérnél nagyszámú, rövid ideig tartó olcsó projektről beszélünk, az OEE pillér kevés, hosszabb és gyakran drágább projektek sorozatából áll, azonban hatása is sokkal nagyobb.

Szakirodalom:

- [1] Lipovszky Gy.-Sólyomvári K.-Varga G: Gépek rezgésvizsgálata és a karbantartás. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1981.
- [2] Moubray, J: Reliability-centred Maintenance. Butterworth Heinemann, Oxford, 1995.
- [3] Lewitt, J: Complete Guide to Predictive and Preventive Maintenance. Industrial Press Inc., New York 2002
- [4] Péczely Gy: Nagy és változtatható teljesítményű centrifugálszivattyúk rezgésvizsgálata. BME 1997