

## Óvakodjon a merev, naptári alapú karbantartástól!

Kovács Zoltán, egyetemi tanár, Veszprémi Egyetem, Szervezési és Vezetési Tanszék

### 1. A ciklusidő optimalizálásának elvi alapja

A vállalatok működésének alapját a megfelelő vállalati stratégia definiálása jelenti. (Gaál - Szabó, 1997.) A vállalati stratégia megvalósítását segítik a különböző funkcionális stratégiák. Ezek egyike a karbantartási stratégia. (Gaál - Kovács, 1994). A szakirodalomban a következő négy stratégiát szokás megkülönböztetni:

- eseti,
- ciklikus,
- állapotfüggő,
- karbantartás-megelőzés.

A sorrend egyúttal fejlettségi szintet is mutat. Az adott helyzettől függ, hogy melyik stratégia optimális. (1. táblázat.)

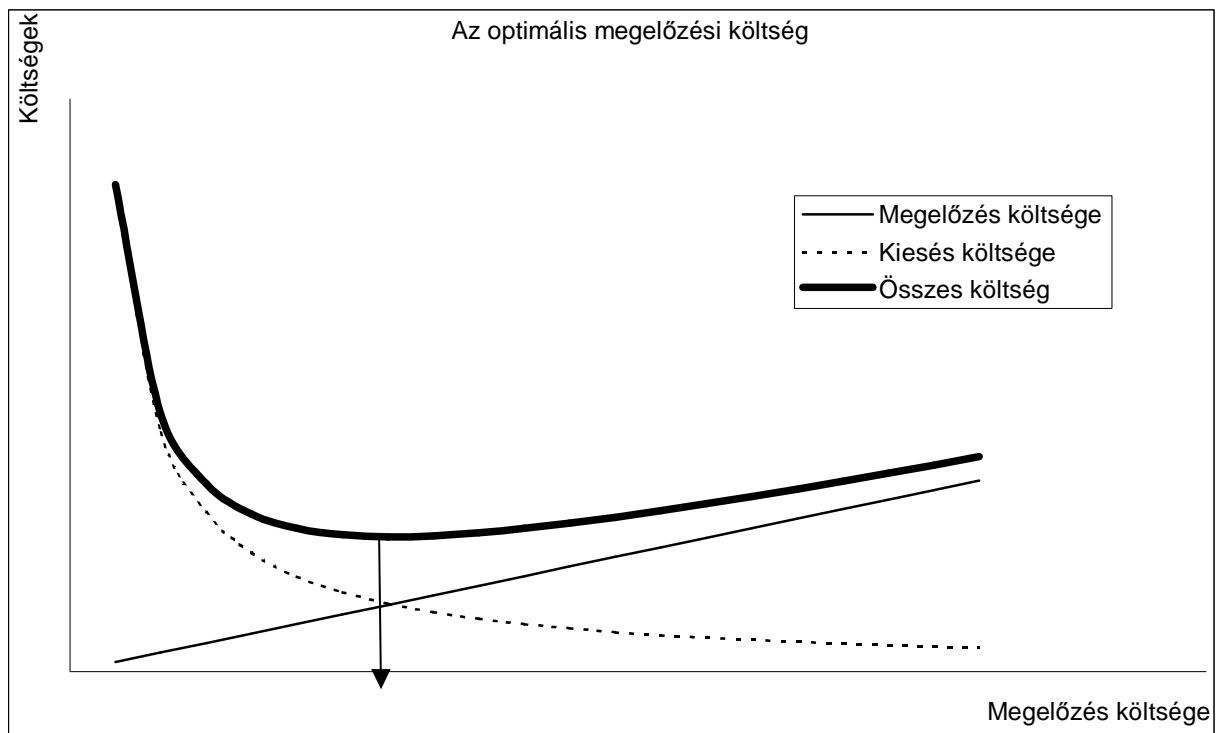
Az első stratégia nem megelőző jellegű. Ez azonban nem jelenti azt, hogy nem alkalmazható. A mai trend az állapotvizsgálaton alapuló megoldások térhódítása. Ezt egyaránt erősítik a felhasználói (a vállalat vevői, karbantartói) igények és a műszaki fejlődés teremtette lehetőségek. (Érzékelők, adattovábbítás, -tárolás és -feldolgozás.)

A (saját) karbantartás-megelőzés legegyszerűbb esete a tevékenység kiadása. Ez azonban nem jelenti azt, hogy a gépek - az időigény szempontjából - ne lennének érintettek a karbantartásban.

A valódi karbantartás-megelőzés a hibamnetes konstrukción alapul, és sok területen csak a jövőben várható az elterjedése. Az optimális megelőzési politika meghatározásának elvi alapját mutatja az 1. ábra.

1. táblázat. A karbantartási stratégiák összehasonlítása

Jellemző	Stratégia			
	Eseti	Ciklikus	Állapotfüggő	Karbantartás-megelőzés
Alkalmazási terület	-kis kár kesés esetén, -a hibamentes működési időknek nagy a szórása.	-a kiesés nagy kockázattal jár, -állandó élettartamú elemek (a működési idők kis relatív szórásúak), -előkészíthető.	-lehetőség van mérésre, adatgyűjtésre, -a meghibásodás nagy kockázattal jár, -gazdaságosság.	-a meghibásodás nagy kockázattal jár, -műszakilag megoldható.
Információigény	-gyors, -azonnali.	-pontos információ kell, --előzetes.	-állandó , vagy ciklikus információszolgáltatás az állapotról.	-üzemeltetés közben nincs.
Szervezés	-gyors beavatkozás, -esetleg csomagterv.	-tervezett, -temezett.	-van idő a felkészülésre, -az állapotvizsgálatot meg kell szervezni.	-üzemeltetés közben nincs.
Szervezet	-helyi -univerzális -szakképzett, kratív.	-központosított, -külsők bevonása.	-központosított, -külsők bevonása.	-üzemeltetés közben nincs.
Vezetés	-gyors döntések	-tervezés	-stratégiai vezetés	-üzemeltetés közben nincs.



1. ábra. A karbantartási stratégia optimalizálásának elvi alapja.

Az utóbbi időben a - publikációkat tekintve - viszonylag kis figyelmet kapott a ciklikus stratégia. Ez nem teljesen indokolt, mert

- a költség és időjellemzők (lásd később!) eredményezhetik azt, hogy a ciklikus az optimális stratégia. Ezt a gyakorlati alkalmazások vissza is tükrözik.
- ha a karbantartást nem szűken értelmezzük, hanem beleértjük a felügyeletet, állapotvizsgálatot is, akkor felmerül az állapotvizsgálati, mérési ciklusok kérdése. Nem minden esetben lehet műszakilag, vagy nem célszerű gazdaságilag folyamatos állapotvizsgálatot végezni, fenntartani.

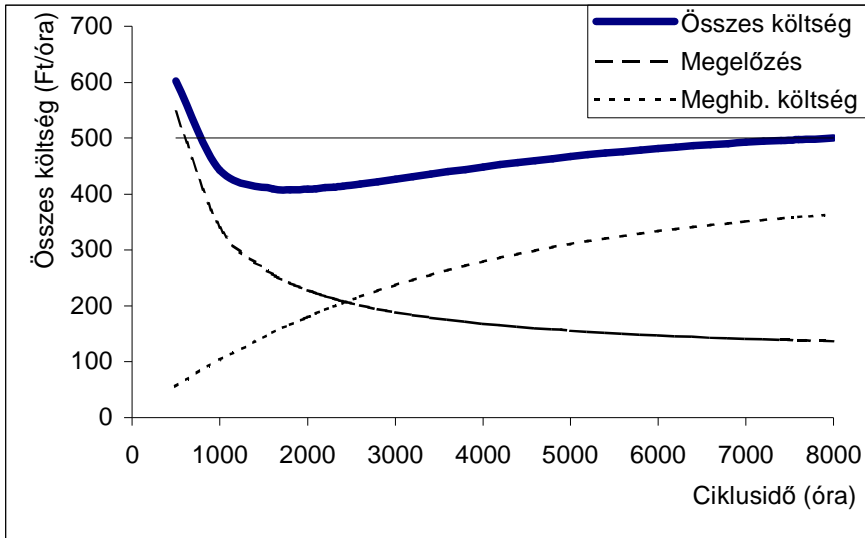
A ciklikus stratégia alapvetően kétféle lehet:

- merev, naptári ciklus,
- rugalmas, a legutóbbi javítástól eltelt idő, vagy a termelt mennyiség, megtett út (általánosan: kibocsátás) alapján meghatározott.

Jelen dolgozatban a merev ciklikus stratégia veszélyeire hívjuk fel a figyelmet.

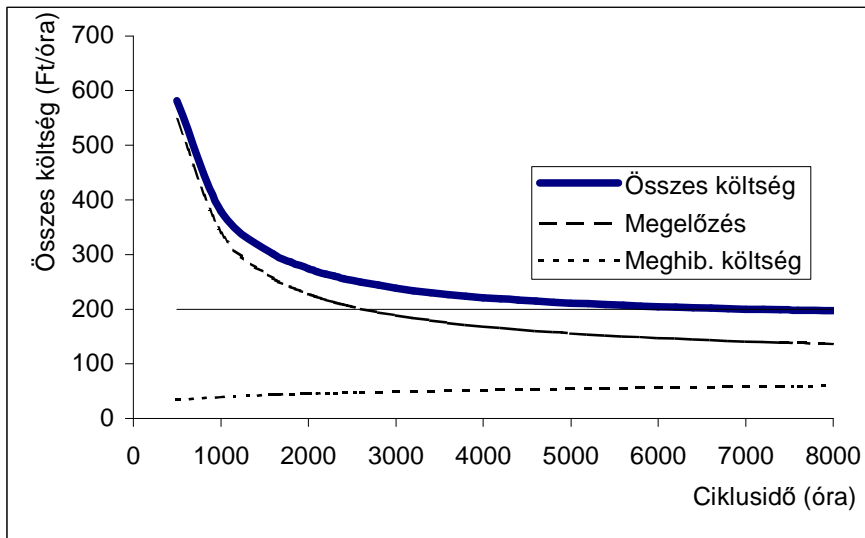
A megelőző karbantartás elvi alapját mutatja az 2. ábra. Az optimálisnál kisebb ciklusidőnél a megelőzési, az optimálisnál nagyobb ciklusidőnél pedig a meghibásodások okozta költségek miatt lesz nagyobb az összköltség. Az ilyen egyensúlyozás különböző tényezők között (trade off.) különösen jellemző a termelő rendszerekre. (Vörös, 1999)

Természetesen még egy berendezés esetében sem biztos, hogy az optimumot valamelyik stratégia alkalmazása jelenti. (Maga a ciklikus stratégia is valójában keverék, hiszen az adott kockázati szinten meg nem előzött meghibásodások eseti javítást vonnak maguk után....)



2. ábra. A ciklikus stratégia elvi alapja.

Eseti stratégia javasolható, ha a költségminimum a végtelenben van. (Végtelen ciklusidő. 3. ábra.)



3. ábra. Eseti stratégiánál a ciklusidő optimuma a végtelenben van.

Az összköltségfüggvény alakja - és ennek következtében a javasolható stratégia - két tényezőtől függ:

- a hibamentes működési idők eloszlása,
- a váratlan hiba elhárítása és a tervszerű leállás során végzett javítás költségének arányától.

## **2. A sztochasztikus digitális szimuláció jelentősége**

A szimuláció ma már nemcsak a számítástechnikusok titkos fegyvere. A különböző szintű vezetői döntések támogatásának fontos eszköze lehet. (Koltai - Jelinek, 1994)

A karbantartási döntésekhez tartozó szimuláció a véletlen eseményeken alapul. Szimulációval olyan modellek is vizsgálhatók, amelyek analitikus megoldására nincs lehetőség.

Szimulációval nemcsak a valós, fizikai folyamatok elemezhetők, hanem azok költség-következményei is. (Koltai, 1995) Kövesi és Andor (1999) a TPM-megvalósításához használtak MINITAB alapú szimulációt.

A stratégiák szimulációs vizsgálatára Ködmön is mutatott papíripari példát. (Ködmön, 1996). A különböző stratégiaváltozatokat alaposan elemezte.

## **3. Stratégiák és modelljeik**

A stratégiák közötti összehasonlításhoz a Varga által már korábban azonosított rendszer adatait használjuk fel. (Varga, 1991). A közben eltelt idő miatt a költségadatokat ma már nem igazak, azonban a következtetések levonására alkalmasak.

A vizsgált rendszer egy timföldgyári dugattyús zagyszivattyú, amely három elemből áll:

- villanymotor,
- hajtómű,
- szivattyú.

A három elem megbízhatósági szempontból sorba van kapcsolva.

A modellezési módszer részleteire nem térünk ki, korábbi publikációkban megtalálható (Kovács, 1990, 1994a, 1994b). Az alkalmazott szimulációs szoftver saját fejlesztés.

### A rendszer adatai

Időadatok (óra):

Elem	A hibamentes működési idő eloszlás			Az állásidő eloszlás		
	Típusa	1. paramétere	2. paramétere	Típusa	1. paramétere	2. paramétere
Motor	Weibull	$\alpha=0,00157$	$\beta=1,09723$	Normál	$m=10$	$\sigma=3$
Hajtómű	Normál	$m=2500$	$\sigma=200$	Normál	$m=20$	$\sigma=5$
Motor	Weibull	$\alpha=0,00053$	$\beta=1,05527$	Normál	$m=10$	$\sigma=3$

Azt fogjuk megvizsgálni, hogy a hajtóműnél alkalmazott különböző stratégia-változatok milyen gazdasági következménnyel járnak. Ha a leállítás tervszerű, a javítás 13 óra alatt elvégezhető a hajtóművön.

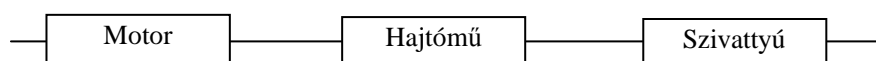
Vegyük észre, hogy a Weibull-eloszlás mindkét esetben gyakorlatilag exponenciális eloszlást takar.

Költségadatok (Ft):

Elem	A leállítás alkalmától függő költsége (Ft)	A leállítás időtől függő költsége (Ft)
Motor	1 500	300
Hajtómű	2 000	330
Motor	1 200	330

A rendszer egy óra alatt 10 000 Ft nyereséget termel (ha működik).

### A megbízhatósági modell:



4. ábra. A rendszer soros kapcsolású

A rendszer néhány jellemzője analitikus módszerekkel számolva: (A számolásokat nem részletezzük.)

Elem	Várható működési idő	Várható állásidő	A hibamentes működés valószínűsége (számolással)	Összes költség számolással (Ft/óra)	A hibamentes működés valószínűsége (szimulációval)	Összes költség szimulációval (Ft/óra)
Motor	347,1104	0,971997	0,971997	12,60115	0,9719	12,63
Hajtómű	2500	20	0,992063	3,412698	0,9921	3,41
Motor	1244,311	30	0,992027	3,587626	0,9921	3,56
Eredő			0,95656		0,9566	
Összesen				19,6014		19,61

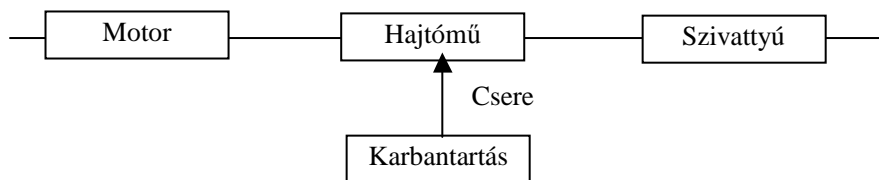
A modellbe beépítettük a rendszer által egy óra alatt termelt hasznot. Ezáltal a kiesések okozta elmaradt haszon is figyelembe vehető. Ez minden tevékenységnél fontos. (Koltai-Maczó, 1987)

A rendszerállásokból származó nyereségcsökkenés analitikusan számolva: 453,647 Ft/óra, szimulációval: 453.90 Ft/óra.

Alapállapotban - bármilyen beavatkozást mellőzve, vagyis eseti stratégia - tehát a rendszer idő és költségjellemzői jól számíthatók. Megváltozik azonban a helyzet, ha a rendszer egy vagy több elemére karbantartást vezetünk be, illetve az elemek között függőség lép fel.

Az 5. ábra a karbantartást (bizonyos időszakonkénti cserét, vagy új állapotr hozást) tartalmazó megbízhatósági modellt mutatja.

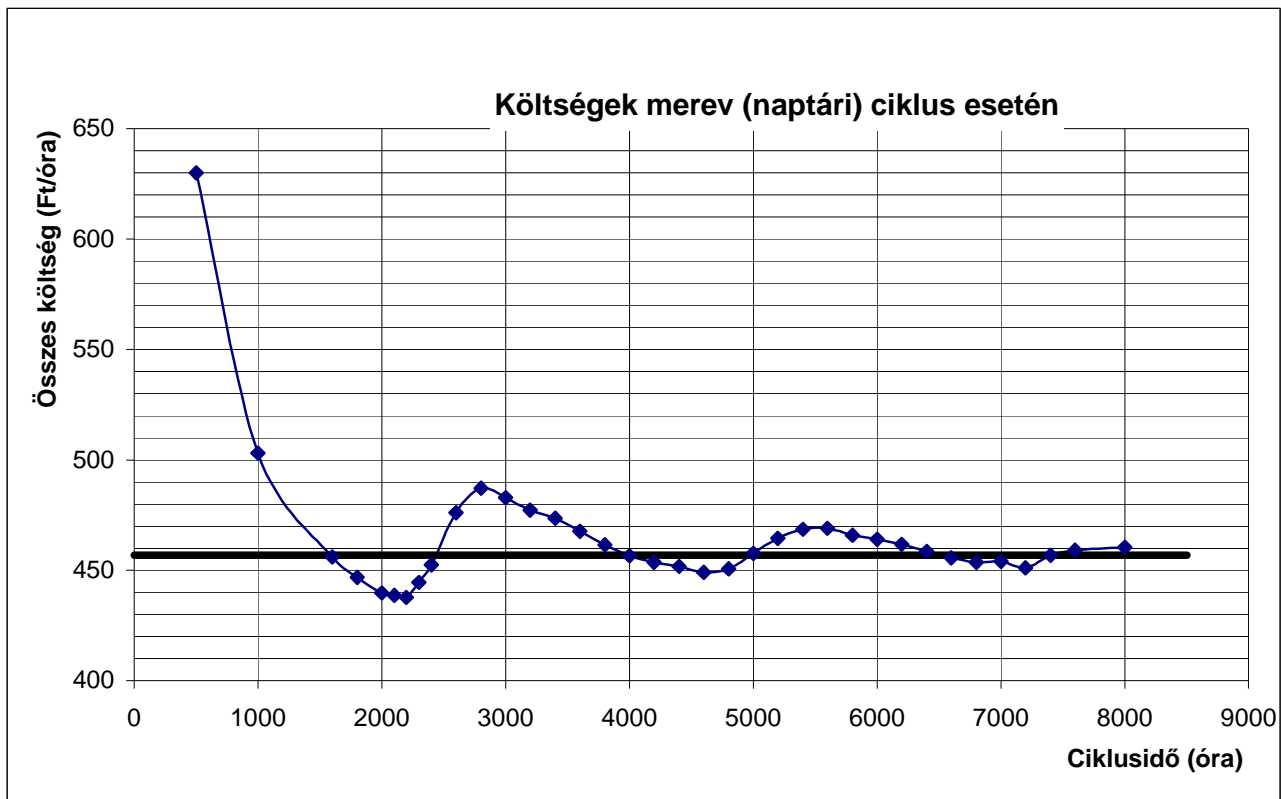




5. ábra. A karbantartás bonyolítja a számításokat.

**A kapott futtatási eredmények:**

Az összköltség alakulását a ciklusidő függvényében merev (naptári) ciklus esetén a 6.. ábra mutatja:



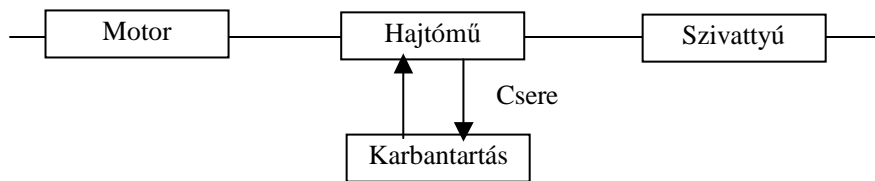
6. ábra. Merev ciklus esetén a költségfüggvény ingadozik.

A kapott eredmény első pillantásra meglepő. A két lehetséges változat - a 2. vagy 3. ábrának megfelelő függvények - közül a diagram egyiknek sem felel meg! Mi az oka ennek?

A válasz egyszerű: merev ciklus esetén az optimális ciklusidő és a várható meghibásodási idő kétszerese közötti időintervallumban nagy a valószínűsége annak, hogy egy újonnan kicserélt, még jelentős teljesítőképesség tartalékkal rendelkező elem cserélnek ki. Ez többletköltséget okoz, pazarlás.

Az a várakozásnak megfelel, hogy a ciklusidő növekedésével az összköltség az eseti stratégiának megfelelő összköltség értékhez tart.

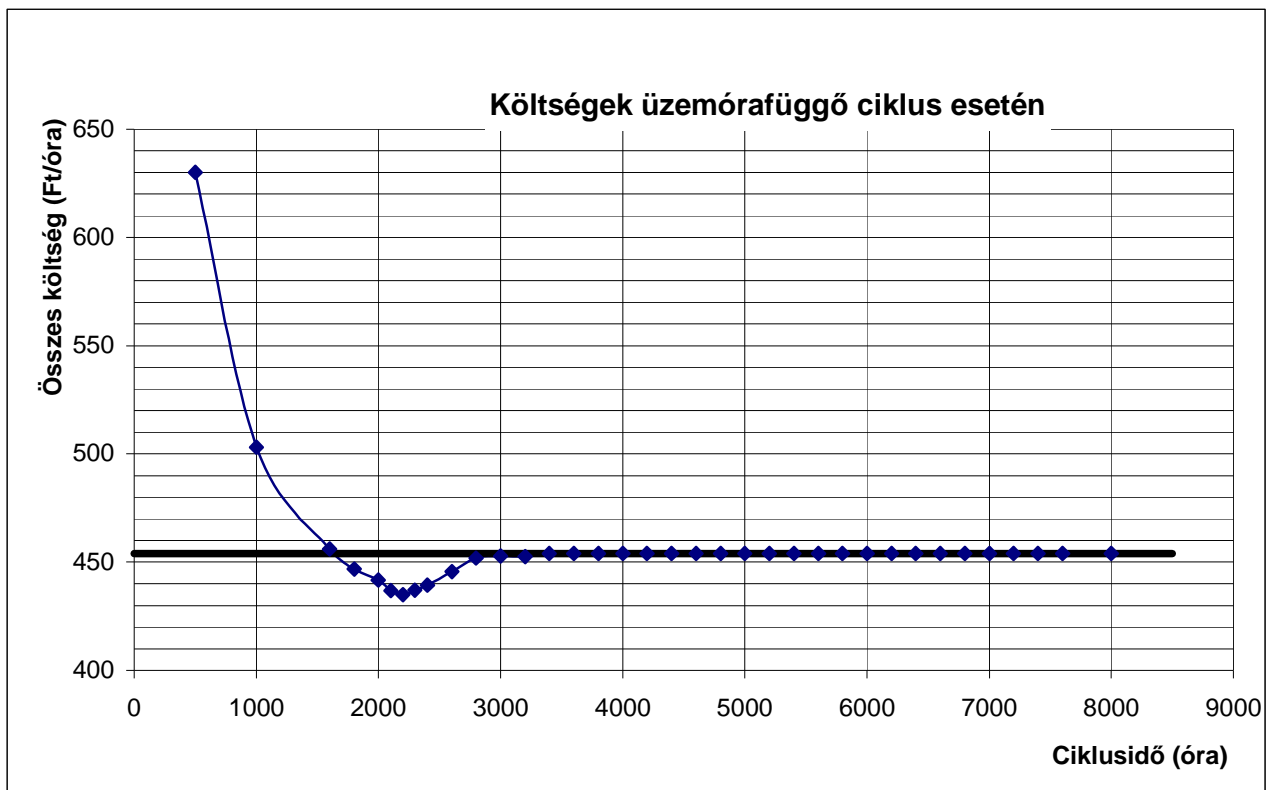
Célszerűbbnek látszik olyan stratégia alkalmazása, amelynél a beavatkozás alapja nem a naptár szerinti idő, hanem a legutóbbi javítástól eltelt üzemidő. Ennek modellje a 7. ábrán látható.



7. ábra. Az üzemidőtől függő karbantartás modellje.

A szimulációs futtatásokat elvégezése után az eredményeket diagramra felvívva kapjuk a 8. ábrát.

Ebben az esetben a költségfüggvény már "normálisan" viselkedik.



7. ábra. Az üzemóra függvényében végzett karbantartásnak kisebb a költségkockázata.

#### 4. Eredmények, következtetések

A vizsgálat első - általános - tanulsága az, hogy a durva elméleti megfontolások nem biztos, hogy helyes eredményre vezetnek. Egy rendszer, aminek van egy optimuma, - optimális ciklusidő - nem biztos, hogy a "nincs optimuma" - ciklusidő a végtelenben, eseti stratégia - állapotba úgy megy át, hogy a ciklusidő végtelenbe tolódásával együtt az eredmény folyamatosan romlik.

A második, ebből következő - talán legfontosabb - tanulság az, hogy az eseti és a ciklikus stratégia költségvonzata nem monoton módon változik. Nem mondhatjuk azt, hogy a rossz ciklusidő gazdaságossági szempontból a legjobb ciklusidő és az eseti stratégia között van! **Az eseti stratégia lehet jobb, mint egy rossz - az optimálisnál hosszabb (!) idejű - ciklikus stratégia!**

A ciklusidő pontossága (jósága) függ az adatok pontosságától. Ha a számításhoz felhasznált adatok - idő, költség - nem megbízhatóak, a naptári ciklus mellett dönteni kockázatos. Szükségessé válhat egyfajta érzékenységvizsgálat.

Az üzemidőtől (vagy kibocsátástól) függő ciklusnál ez a probléma nem áll fenn. Ott az átmenet a ciklikus és az eseti között monoton, az összköltségfüggvény folyamatosan nő.

Ebből következik a harmadik megállapítás: az állapotfigyelés fontossága: A ciklusidő problematikája fennmarad, csak a karbantartás ciklusideje mellett és helyett az állapotfigyelés ciklusideje válik meghatározandóvá, illetve eldöntendővé. Az általánosan javasolható stratégiakombináció tehát: üzemórától vagy elvégzett munkától (kibocsátástól) függő ciklikus mérés és ennek eredményétől függő (állapotfüggő) javítás.

## 5. Felhasznált források

1. Gaál Z. - Szabó L.(1997): Stratégiai menedzsment és vállalati siker, Gazdaság Vállalkozás Vezetés 1997/4, 34-44. o.
2. Gaál Z. - Kovács Z.: (1994) Megbízhatóság, karbantartás, Veszprémi Egyetem Kiadói Iroda 1994.
3. Koltai T., Jelinek T.(1994): A szimuláció az iparfejlesztés és termelés-szervezés szolgálatában. Ipari szemle, 6 sz., 51.-52 o., 1994.
4. Koltai T.(1995): Simulation based product costing: the application of discrete event simulation for activity-based costing. Proceedings of The International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, Marakesh, Marocco, 1995, pp. 344-353.
5. Koltai T., Maczók K.(1987): Az elmaradó hozamok értékelése felügyeletnélküli gyártórendszerek esetén. Felügyeletnélküli Gyártás - Automatizálás 87, GAMF Sokszorosító, Kecskemét, 1987, 161-173 o.
6. Kovács Z. (1990): A megbízhatóság és a karbantartás kapcsolata technológiai rendszerekben, Kandidátusi értekezés, 1990.
7. Kovács Z.(1994): Nem független elemekből álló rendszerek megbízhatósága Minőség és Megbízhatóság 94/3 40-45
8. Kovács Z. (1994a): Nem független elemekből álló rendszerek megbízhatóságának modellezése I. Minőség és Megbízhatóság 94/4 41-41
9. Kovács Z. (1994b): Nem független elemekből álló rendszerek megbízhatóságának modellezése II. Minőség és Megbízhatóság 94/5-6 63-69
10. Kovács Z. - Ködmön I(1994).: Szimulációs módszerek alkalmazása a berendezésmegbízhatóság vizsgálatában „Karbantartás az ezredfordulón - kihívások és válaszok” Nemzetközi karbantartási konferencia, Veszprém, 1994. június 13-15. 148-158 o.

11. Kovács Z. (2001): A karbantartás új definíciója.  
„Karbantartás új szerepei - értéképítés, kiválóság, képességfejlesztés” Nemzetközi karbantartási konferencia, Veszprém, 2001. június 11-13. 1-6. o.
12. Kovács Z.(2001): Termelésmenedzsment, Veszprémi Egyetemi Kiadó, Veszprém, 2001  
ISBN 963 9220 76 0. L
13. Ködmön I. (1996): Rendszerek megbízhatósági viselkedésének szimulációja, Egyetemi doktori értekezés, Veszprémi Egyetem, 1996.
14. Ködmön I. - Kovács Z. - Koscsó L. (2000): Reliability -Centered Maintenance at the Fűzfő Paper Company  
Hungarian Journal of Industrial Chemistry Veszprém Vol. 28. pp. 59-66 (2000).
15. Ködmön I. – Kovács Z. - Koscsó L. (2000): Kísérlet a megbízhatóság alapú karbantartás szervezésre a Fűzfői Papír Részvénytársaságnál. I. A technológiai rendszer dekomponálása  
Papíripar XLII. évf. 3. szám 101-105.
16. Ködmön I. – Kovács Z. - Koscsó L. (2000): Kísérlet a megbízhatóság alapú karbantartás szervezésre a Fűzfői Papír Részvénytársaságnál. II. Optimálási kísérletek  
Papíripar XLII. évf. 4. szám 137-142.
17. Kövesi J.: - Andor Gy.(1999):: Economic and reliability analysis in the frame of total productive maintenance. Új utakon a karbantartás - nemzetközi konferencia, Veszprém, 1999. június 14-16., 5-25.
18. Varga Gy.(1991): Eseti és ciklikus stratégia hatásvizsgálata technológiai rendszer megbízhatóságára  
Diplomadolgozat, Veszprémi Egyetem, 1991.
19. Vörös J.(1999): Termelési és szolgáltatási rendszerek vezetése, Janus Pannonius Egyetemi Kiadó, Pécs, 1999.