

A PowerQuattro Zrt. által szállított berendezések megbízhatósága, illetve diagnosztikai lehetőségek és a fejlesztések bemutatása

IV. Vasúti távközlési és biztosítóberendezési konferencia, Sümeg, 2025.10.21-10.22.

Előadó: Ringler Csaba fejlesztési igazgató



Mit értünk a megbízhatóság fogalma alatt :

- Következétesen, hosszú távon, hiba nélkül teljesíti a feladatát (üzemszerűen működik)
- **Annak a valószínűsége, hogy a rendszer adott „t” ideig meghibásodás nélkül működik.**

A szünetmentes áramellátó rendszerekre a fentieket lefordítva:

Az a lényeg, hogy ne legyen szünet a rendszer kimenetén!

Hogy néz ez ki a gyakorlatban?

- AC fogyasztók esetében:

- a számítógépes fogyasztók: < 4 ms szünet
- Fényjelzők: $\leq 10\text{ms}$
- 75Hz-es sínáramkörök: $\leq 100\text{ms}$

- DC fogyasztók esetében:

- Nincs szünetidő definiálva, csak kiszabályozási idő.
jellemzően ez az idő < pár 10 ms

Ilyen követelmények mellett kell működnie a rendszernek 0-24h-ban.

A megbízhatóság mérőszámai:

- MTBF érték (meghibásodásig eltelt idő, két meghibásodás között eltelt idő)
MÁV műszaki előírásai alapján a követelmény 80.000 óra.

MTTR érték (javítási idő)

Erre nincs konkrét előírás, de később visszatérek rá, miért fontos.

- Meghibásodási ráta: $\lambda = \frac{1}{MTBF}$
- Egymástól függetlenül üzemeltetett rendszerek esetében

$$\lambda_{\text{ö}} = \lambda * \text{darabszám}$$

Sajnos minél több rendszert üzemeltetünk, annál több lehet a hiba.

MTBF érték:

- **Elméleti MTBF érték**

Az egyes komponensek megbízhatóságából számított érték, ahol az összes alkatrész, szerelés és egyéb munkafolyamat megbízhatóságának együtteséből adódó mérőszám. Sajnos nem minden alkatrész esetében áll rendelkezésre ilyen adat. (Az alkatrész gyártója még kérésre sem adja meg)

A fentiekből adódóan elég nehézkes a számítása.

- **Tapasztalati MTBF érték**

Az üzemelő rendszerek konkrét adataiból számított érték.

(Csak abban az esetben lehet számolni, ha van meghibásodás)

A számítási módszer a következő:

$$\text{MTBF} = \frac{\text{valamennyi üzemelő rendszer üzemórájának összege}}{\text{összes meghibásodás száma}}$$

A MÁV által előírt MTBF érték 80.000 óra

0-24h üzemelő berendezések esetében 1 év=365 nap x 24h= 8760 h

Tehát $80.000\text{h} / 8760\text{h} = 9,13$ év

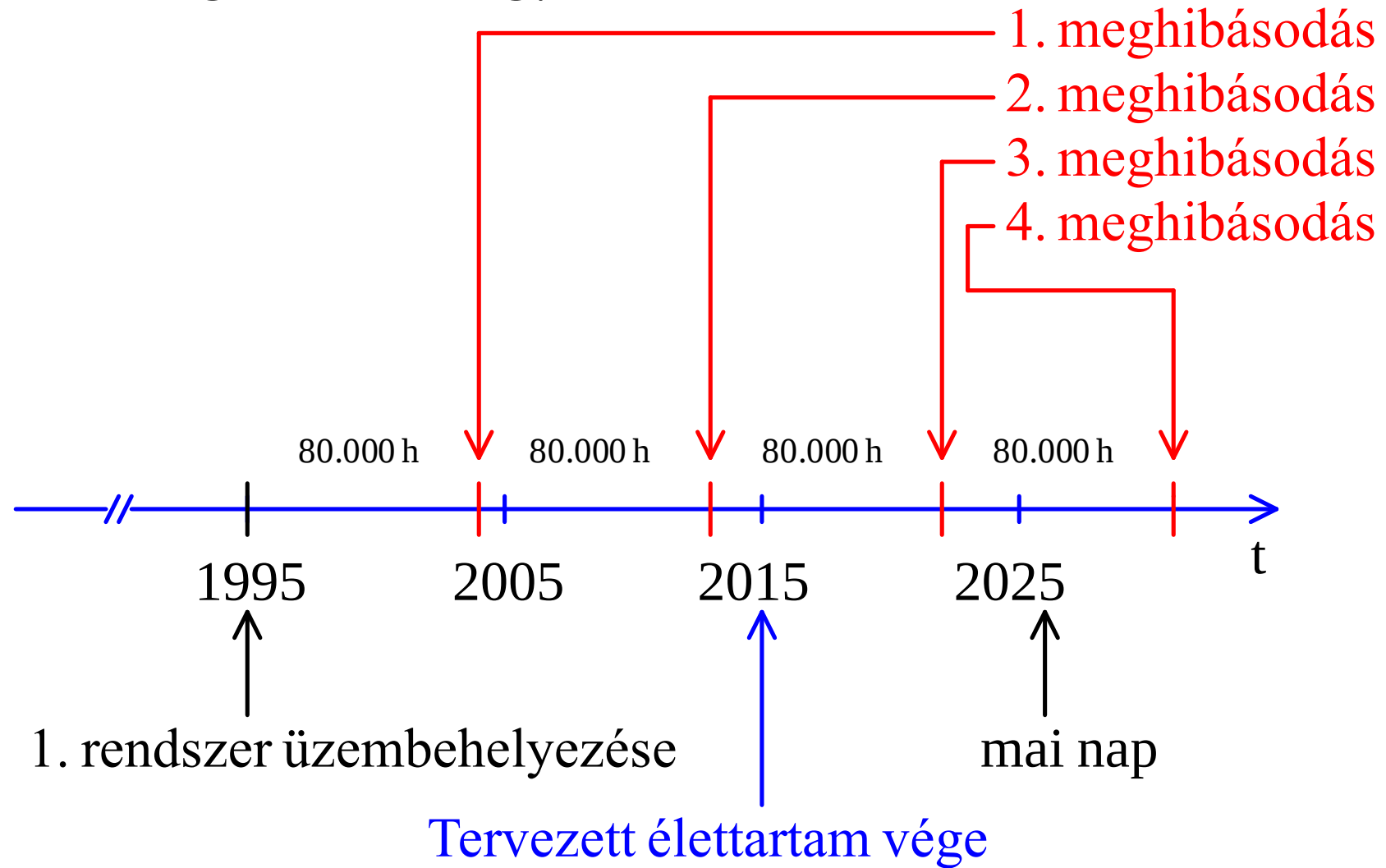
Tehát 1 db üzemelő rendszer esetében kb. 9 évente lehet számítani egy rendszer szintű problémára **(a szünetmentes kimeneten szünet van!)**

Itt nem arra kell gondolni, hogy egy komponens meghibásodott.

A rendszerekkel szemben támasztott általános követelmények között az szerepel a műszaki előírásokban, hogy legalább 20 éves élettartamra kell a rendszereket méretezni.

A PowerQuattro Zrt. gyártású első áramellátó rendszer üzembehelyezési ideje 1995.

Csak a szemléletesség kedvéért egy ábra:



Csak a szemléletesség kedvéért még egy pár adat:

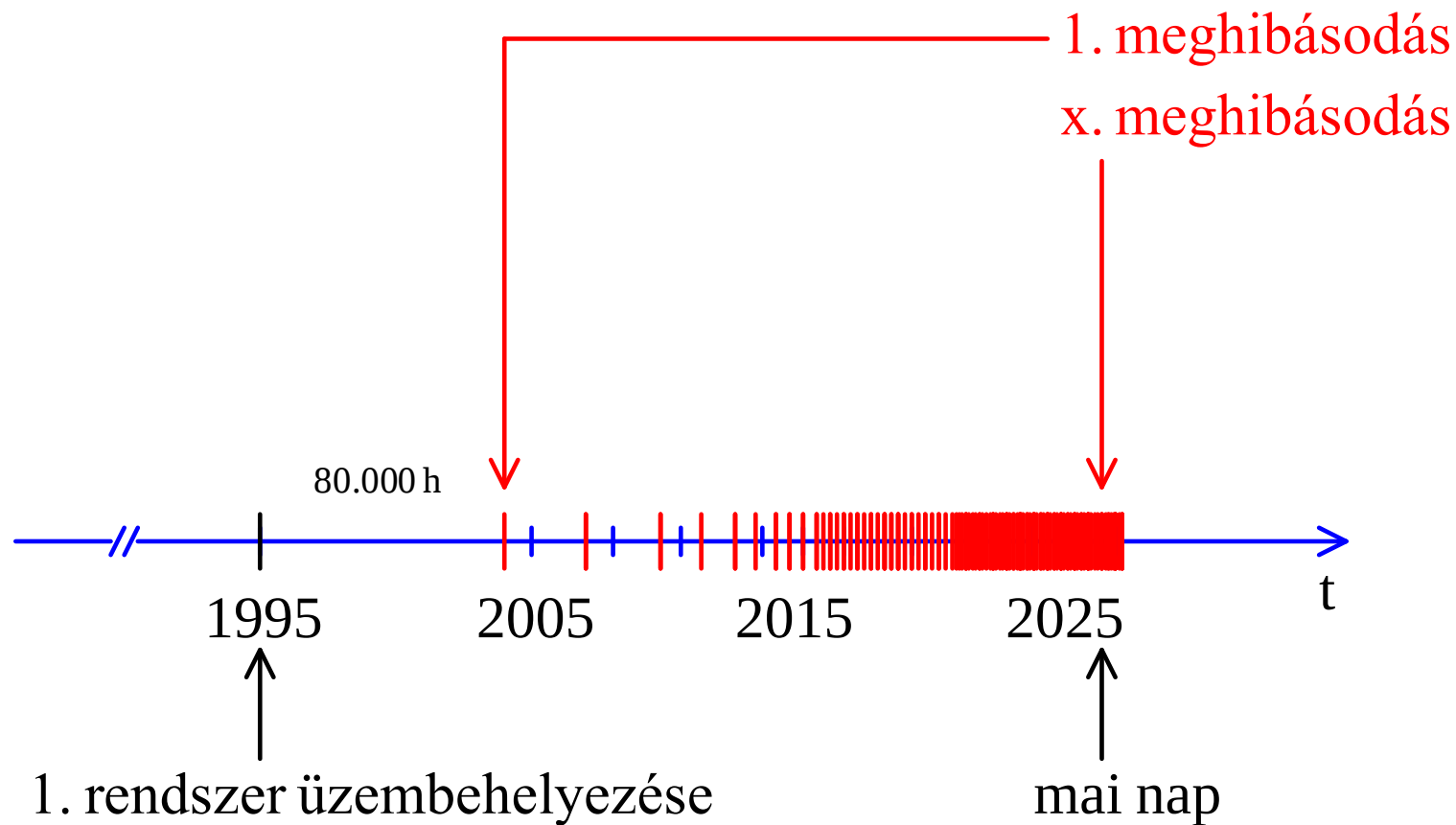
A PowerQuattro Zrt. által gyártott szünetmentes rendszerek száma:

- | | |
|--|--------------------|
| - 368 db 336V-os MPQ biztber áramellátás | 46.500.000 üzemóra |
| - 43 db 48V-os MPQ biztber áramellátás | 4.000.000 üzemóra |
| - 49 db HPQ típusú távközlési áramellátás | 4.600.000 üzemóra |
| - 65 db FUPQ típusú távközlési áramellátás | 6.000.000 üzemóra |

Összes működő rendszer darabszáma: 525 db

Összes működő rendszer üzemideje: 61,1 millió üzemóra

Térjünk vissza az előző ábrához és egészítsük ki úgy, hogy ne 1 db rendszert szemléltessünk, hanem 525 db-ot!

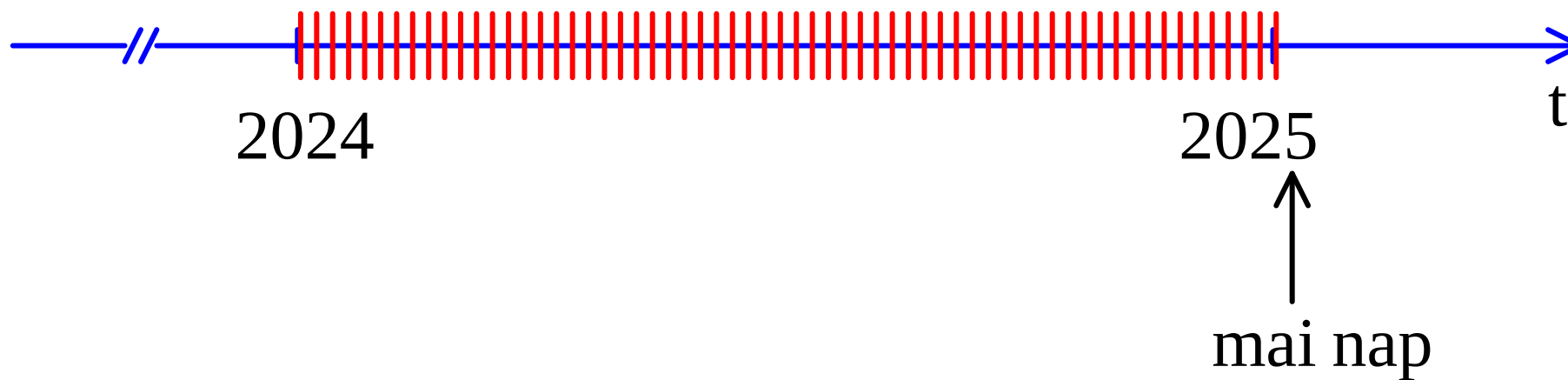


Ahogy haladunk előre az időben, egyre több áramellátó rendszer kerül üzembe. Ebből következik, hogy sűrűsödik a problémák száma.

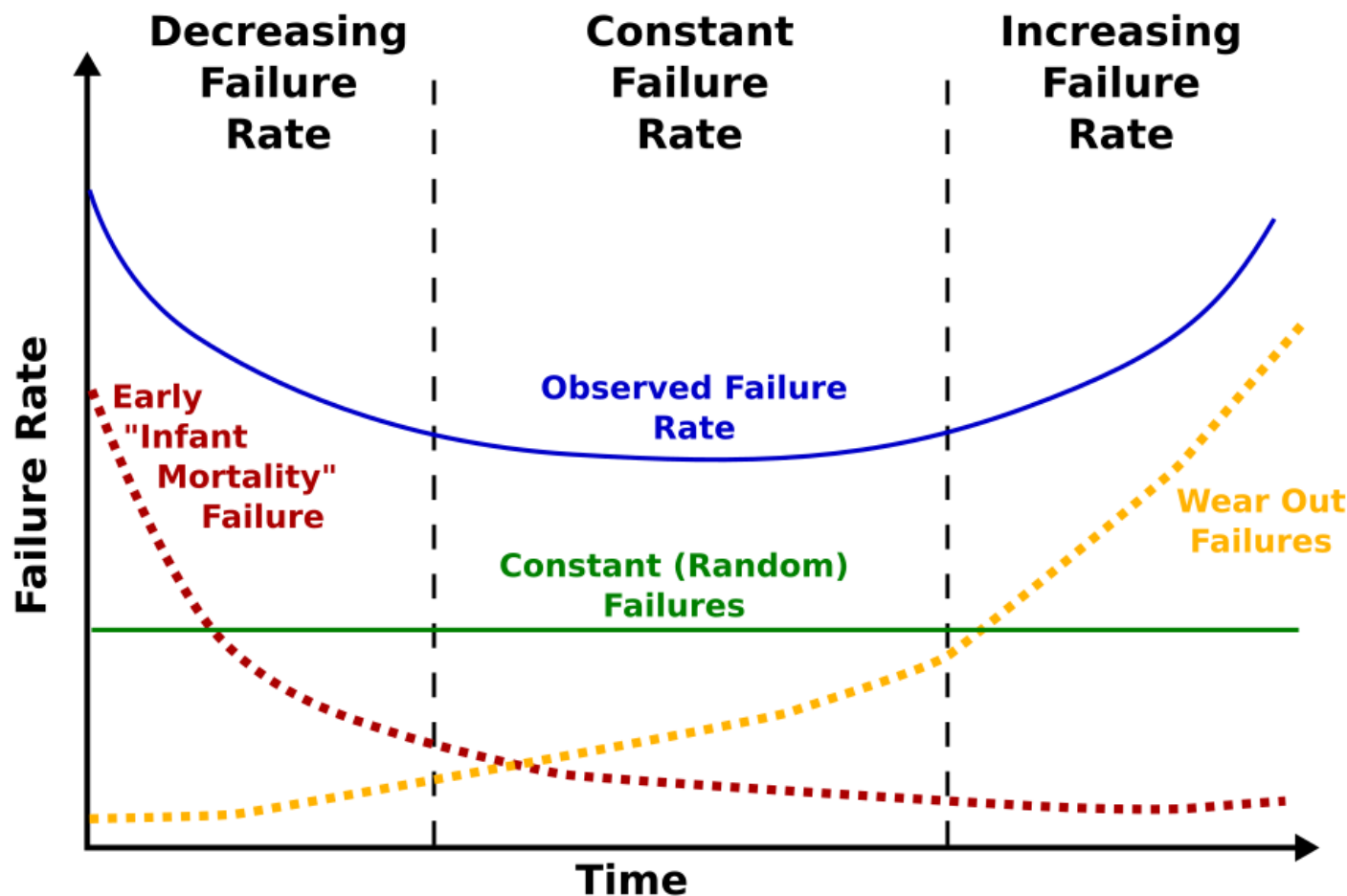
Az előző ábra utolsó évét kinagyítva az alábbi látszik:

$$\text{MTBF} = 80.000 \text{ h}$$

6 naponta 1 meghibásodás valószínű!



Másik jellemző adat az úgynevezett fürdőkádgörbe

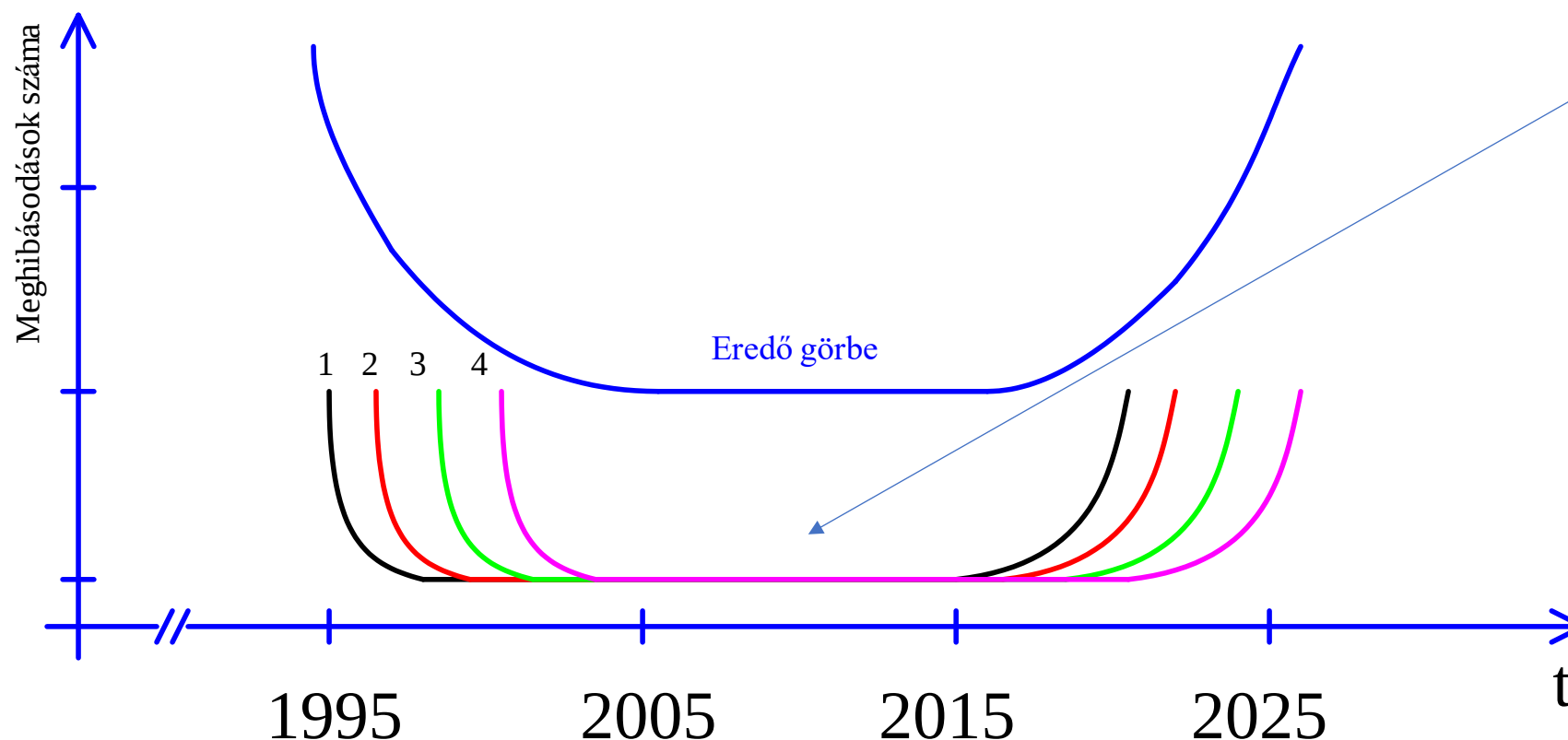


Gyerek betegségek:
kontakthiba, forr. hiba,
alkatrész hiba, szerelési
probléma

Elhasználódásból adódó
hibák: alkatrész hiba
(főleg elektrolit
kondenzátor),
szigetelések öregedése,
anyagfáradás, por,
hőciklus igénybevétel.

Miért van jelentősége a fürdőkádgörbének?

A legfontosabb, hogy a jelenleg üzemelő rendszereket nem egyidőben helyeztük üzembe. Ebből az alábbihoz hasonló görbe következik.



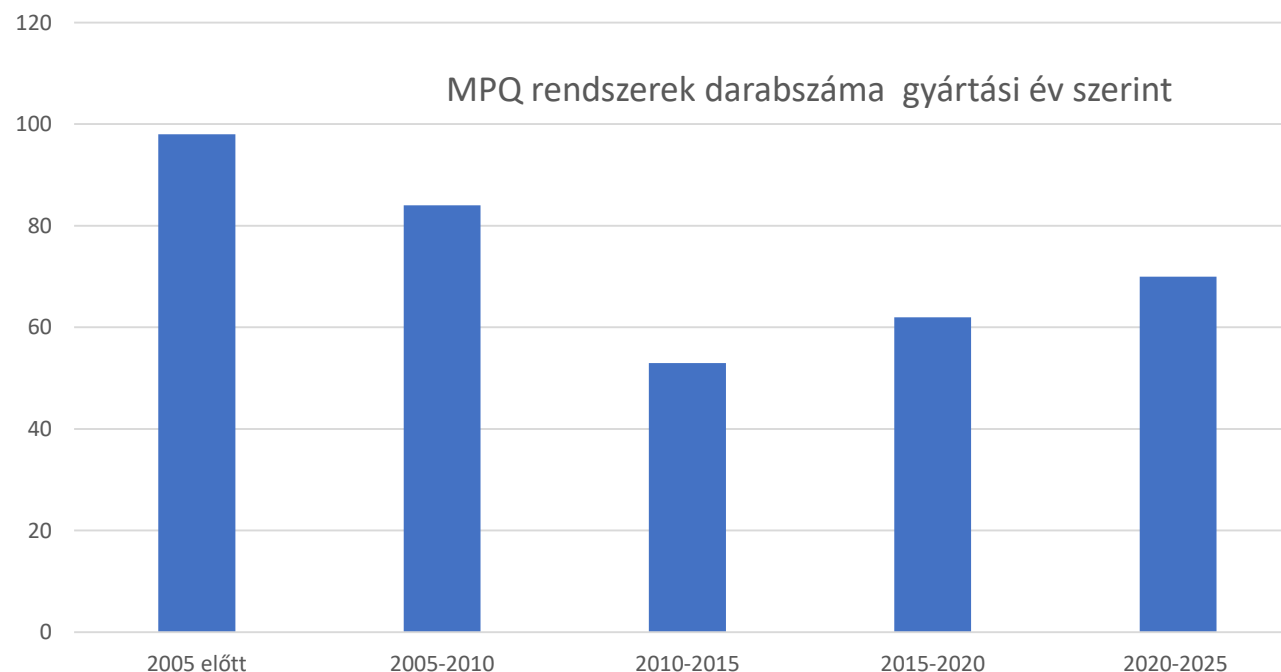
Ahogy szaporodnak a rendszerek úgy fogynak a középső rész, mert egymásba érnek a görbék.

Miért van jelentősége a fürdőkádgörbének?

Ha kellően sok rendszert nézünk és ezek életkora időben elosztott, akkor:

- Mindig lesz olyan rendszer, ahol épp a fürdőkádgörbe első szakaszában üzemel a rendszer, ezért több hibát tapasztalhatunk.
- Az időtengely közepén azért több a hiba, mert az összes üzemelő rendszer konstans meghibásodásainak összegével kell számolni, a folyton nő az egyre újabb és újabb rendszerek bekerülésével arányosan.
- És a rendszerek egy része a tervezett élettartama végén és néhány még azon is túl üzemel jelenleg, ezért a fürdőkádgörbék harmadik szakasza is egyre jobban előtérbe kerülhet.

Milyen az üzemelő rendszerek életkorának eloszlása?
Nézzük példának a biztosítóberendezési áramellátásokat:



Sajnos a 20 évnél
idősebb rendszerekből
még közel 100 db
üzemel, de az átlag is
14 év felett van!

A tények amivel nem tudunk mit tenni:

Egy időes rendszer megbízhatósága jelentősen lecsökken, mert

Megbízhatóság: $R(t) = e^{-\lambda t}$, ahol

$\lambda = \frac{1}{MTBF}$ a meghibásodási ráta és „t” pedig az idő

Példa:

MTBF= 80.000 óra

5 éves rendszer esetében

$$R = e^{-\frac{1}{80.000 \text{ óra}} * 5 \text{ év} * 8760 \text{ óra}} = 57,7 \%$$

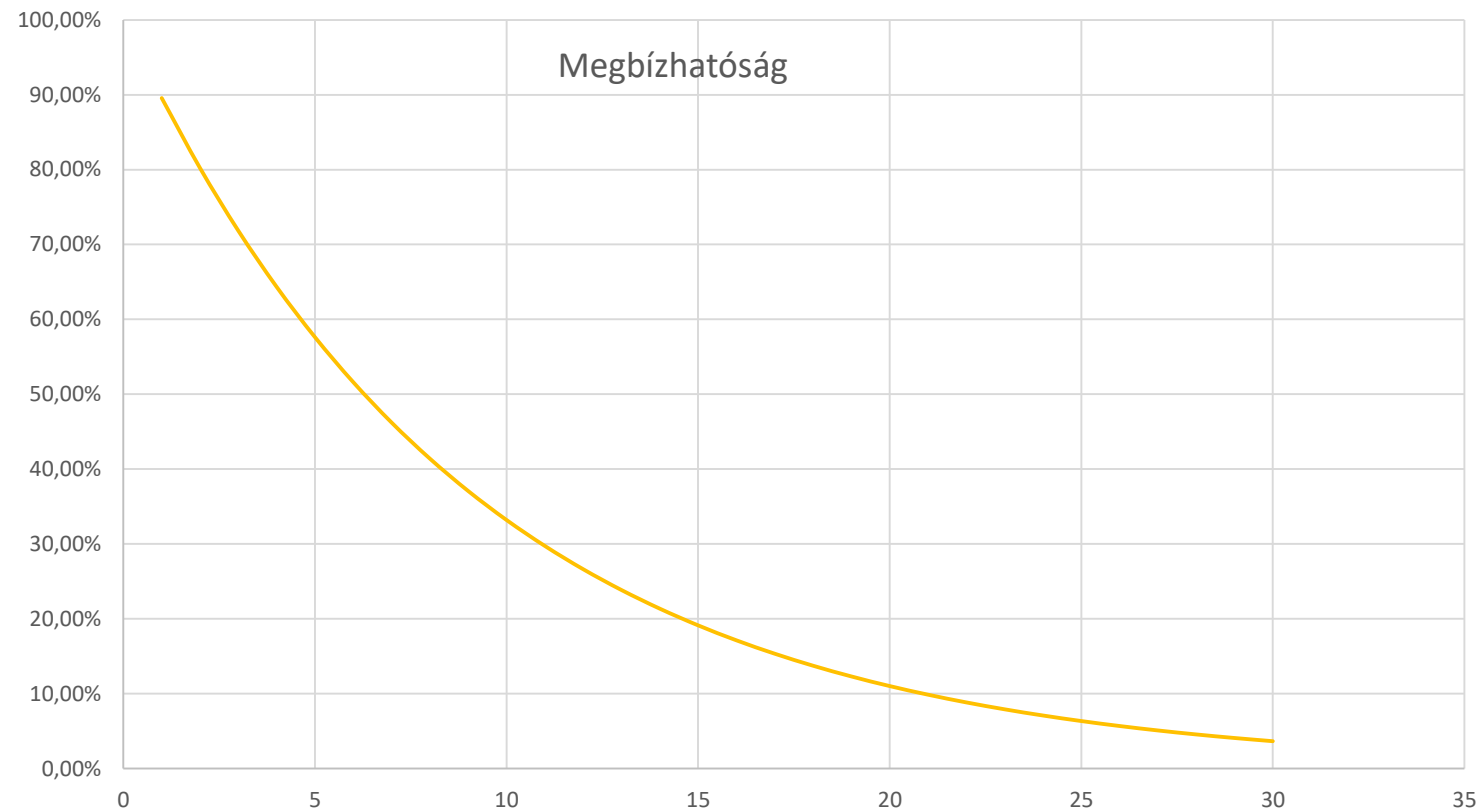
20 éves rendszer esetében

$$R = e^{-\frac{1}{80.000 \text{ óra}} * 20 \text{ év} * 8760 \text{ óra}} = 11 \%$$

14 éves átlag esetében

$$R = e^{-\frac{1}{80.000 \text{ óra}} * 14 \text{ év} * 8760 \text{ óra}} = 21,4 \%$$

A tények amivel nem tudunk mit tenni:



Ez sajnos egy
exponenciális függvény,
amiből következik, hogy
az idő előrehaladtával
ahogy a megbízhatóság
csökken **a problémáink**
úgy fognak
exponenciálisan nőni!

További probléma is van az idős berendezésekkel:

- Javítás oldalról az alkatrészbeszerzés problémája.
 - Nem beszerezhető típus
 - Nincs lábkompatibilis helyettesítő
 - Hosszú beszerzési idő (minden alkatrészből nem lehet tartani raktáron végtelen mennyiséget, de ha makacs a hiba egy javítás alkalmával sikerül a még készleten lévő pár darabot is „elfüstölni” gyorsan)

Ezek az MTTR idő növekedéséhez vezetnek.

- A továbbfejlesztett megoldások csak sokára kerülnek be a rendszerbe
 - Hiába születik időközben egy jobb áramköri megoldás, az visszamenőleg már nem tud bekerülni az üzemelő rendszerekbe, csak az újakba.
 - Szerintem 1 kezemen meg tudom számolni az eddig leselejtezett áramellátások számát. (A modulok tovább élnek)

Ha redundáns rendszert építünk akkor a rendszer megbízhatóságát az alábbiak szerint lehet számítani:

$$R_{sys} = 1 - (1 - R_t)^n$$

Ahol „n” a párhuzamosan kapcsolt egységek száma.

Ha például egy modul MTBF értéke 50.000 óra, akkor $\lambda = \frac{1}{50.000} = 2 \cdot 10^{-5}$, akkor 10 éves korában a megbízhatósága:

$$R = e^{-2 \cdot 10^{-5} \cdot 10 \cdot 8760} = 0,1734 = 17,34 \%$$

Viszont, ha 2 ilyen modult párhuzamosan kapcsolunk, akkor a rendszer megbízhatósága:

$$R_{sys} = 1 - (1 - 0,1734)^2 = 31,67 \%$$

Ha 4 ilyen modult párhuzamosan kapcsolunk, akkor a rendszer megbízhatósága:

$$R_{sys} = 1 - (1 - 0,1734)^4 = 53,31 \%$$

Milyen fejlesztések lettek végrehajtva a megbízhatóság növelése miatt?

- A kézi forrasztások helyett a gépi forrasztások a gyártás alatt.
MIL-HDBK-21 7F szerint a gépi forrasztás több nagyságrenddel megbízhatóbb, mint a kézi! (akár 376x)
- A kézi érintkezőprézelés helyett kábelgyártó gép alkalmazása.
- A kézi panelbemérés helyett repülőszondás mérőgép.
- A kézi modulbemérés helyett automata mérőrendszerek alkalmazása.
- A fentiekkel szemben áll viszont, hogy a több szolgáltatás több alkatrészt igényel, ami a megbízhatóságot rontja. ($\lambda_{\text{ö}} = \lambda * \text{darabszám}$)

Fejlesztési elképzelések az új MPQ rendszerek esetében:

- A párhuzamosan üzemelő modulok esetében kisebb típusteljesítmény alkalmazása, $(n+1)$ redundancia növelése $(n+2)$, $(n+3)$, kisebb a kieső teljesítmény mellett, nagyobb megbízhatóság.
- A modulok digitalizálása lévén egyre több információ áll rendelkezésre a helyi felügyeletben és azon keresztül a távfelügyeletben is.
- A BITÁT rendszer kiegészítése egy webservice kommunikációval, amely segítségével különböző diagnosztikai funkciók megvalósíthatóak a mostani SNMP protokoll mellett.

Fejlesztési elképzelések a BITÁT rendszer esetében:

- Helyi napló lekérdezése távolról.
- Akkumulátor diagnosztika lekérdezése távolról.
- A javításra beküldött modul előéletének vizsgálata. Sok esetben nem találunk konkrét hibát a beküldött modulban. Ezeknek a hibáknak a felderítésében sokat segíthet, ha látjuk hogyan működött a helyén és milyen üzemállapotokban működött.
- Tévedésből adódó problémák kiszűrése (elnyomott hibák esete).
- **Az üzemelő rendszerek online adatelemzéséből feltételezésünk szerint lehetne hibát előjelezni is.**

Az üzemelő áramellátó rendszerek esetében mit tehetünk?

- A betáplálás redundanciáját is lehetne tovább növelni
 - Közüzemi hálózat
 - Felsővezeték
 - Dízel
 - Napelem (PVDPQ modulok kiegészítés lehetősége bármelyik rendszerben)
- Előnyök
 - Kevesebb szükségüzem, kevesebb akkumulátor probléma!
 - Olcsóbb rendszer üzemeltetés csak hab a tortán.

Az üzemelő áramellátó rendszerek esetében mit tehetünk?

- **Nagyobb hangsúlyt kell fektetni a tervezett karbantartásokra!**
 - Katonai rendszerek esetében a modulokat akkor is beküldik felülvizsgálatra, ha nincs konkrét panasz rájuk.
 - A MOL például 10 évente újra cserélte a rendszereit, mert nem akart kénytelenül a meghibásodásokból adódó kiesésekkel.
- A tartalék modulok alkalmazásával helyileg is sokat lehet tenni a rendszer rendelkezésre állásának javításával. (gyorsabb hibaelhárítás)

MTTR idő csökkentésének jelentősége:

Rendelkezésre állás:
$$A = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

Jogosnak tűnik, hogy akkor növelni kell az MTBF értéket, hogy a megbízhatóság javuljon.

Korábban említettem, hogy kb. 6 naponta előfordulhat egy leállás, ha már több, mint **500 rendszert** üzemeltetünk, amelyek MTBF értéke 80.000 óra.

Mekkora MTBF értéket kellene megcélózni ahhoz, hogy **évente csak egy leállás** legyen valahol az országban? (ezzel már talán kibékülne mindenki)

Ebben az esetben az MTBF értéket arányosan növelni kell.

Ehhez szükséges **MTBF = 4. 380. 000 óra** (repülőgép, katonai rendszerek, űrkutatás)

Szerintem, ennél realisabb célt kell megfogalmaznunk.

Időszakos megelőző karbantartások bevezetésének előnyei:

- A háttérben megbújó „időzített bombák” megtalálása.
A meghibásodások bizonyos típusainak igen is vannak előjelei.
- A fürdőkádgörbe hátsó részének időbeli eltolása.
Ehhez bizonyos komponenseket cserélni/felújítani szükséges, de lehet, hogy kevesebbe kerül, mint egy váratlan leállás.
- A problémák feltárására és kezelésére több idő maradna.
Ha megállt, akkor már csak a kapkodás marad.

Ne a kezünket tegyük karba, hanem tartsunk inkább karban!

Köszönöm a megtisztelő figyelmüket!

www.pq.hu, pqinfo@powerquattro.hu

