

**Mikor lesz áttörés az energiatárolásban?
Schenek Istvántól a modern akkumulátorgyártásig**



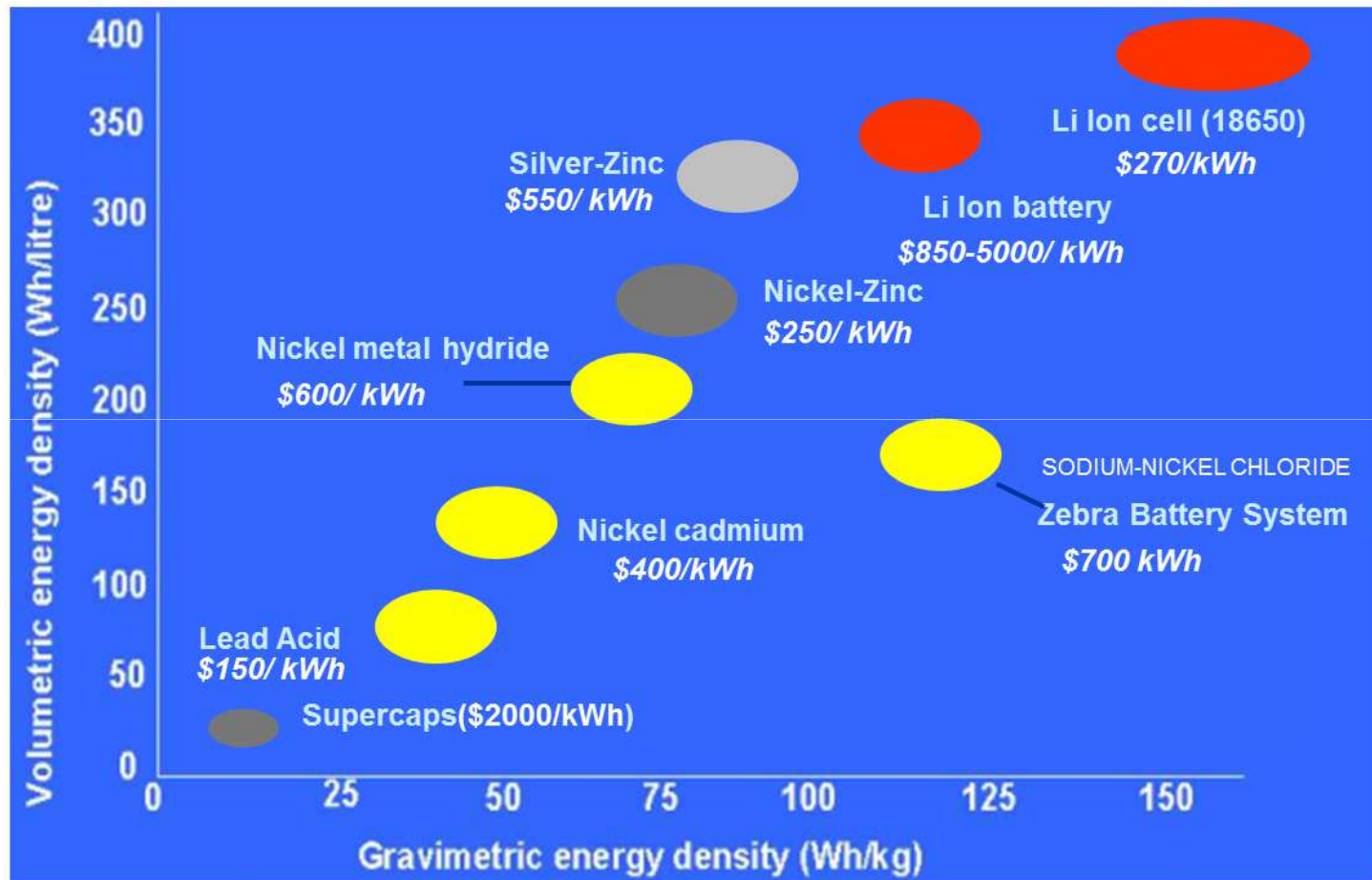
**Energetikai Szakkollégium és a MEE Energetikai Informatikai Szakosztály
közös rendezvénye
2015. március 05.
BMGE**

Energiatárolás területei

- **Készülék akkumulátorok**
 - mobil eszközök - telefonok, kommunikátorok
 - hordozható számítógépek – laptopok
 - hordozható elektronikai készülékek – fényképezőgép, kamera
 - kéziszerszámok
- **Autó akkumulátorok**
 - indító akkumulátorok
 - hibrid autó akkumulátorok
 - elektromos autók akkumulátorai
- **Ipari akkumulátorok**
 - helyhez kötött akkumulátorok
 - meghajtó akkumulátorok
 - speciális területek akkumulátorai – katonai, űrkutatási alkalmazások

Kémiai áramforrások

Kisebb →



Könnyebb →

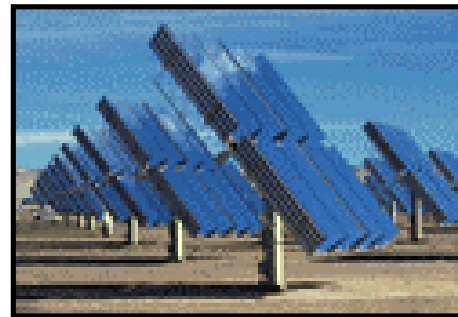
Ipari akkumulátorok alkalmazási területei



Telekommunikáció



Energiaszolgáltatás



Megújuló energia



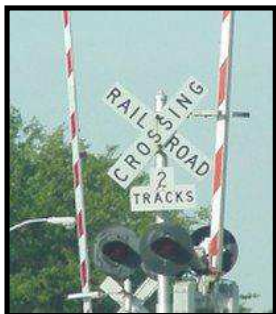
Vegyipar



Közlekedés és
biztosítóberendezések



Anyagmozgatás



Vészvilágítás



Adatközpontok

Ipari alkalmazások üzemállapotai

- **„stand-by” (készenléti) üzem**
 - segédüzemi állapot folyamatos feltöltött állapotban tartással pl. egyenirányítóval
 - pl. telekommunikáció, energiaszolgáltatás, hagyományos UPS alkalmazások, vészvilágítás, tűzjelző és riasztó rendszerek
- **„buffer” üzem**
 - segédüzemi állapot, mint „stand-by”üzemnél, de a töltőáramnál nagyobb terhelés időszakok előfordulásával, jellemzően sekély ciklusok (1-5%)
 - pl. közlekedés
- **ciklikus üzem**
 - folyamatos töltés-kisütési állapotok váltakozása
 - pl. anyagmozgatás, takarító gépek, mobil-elektromos gépek
- **hibrid üzem**
 - ciklikus és „stand-by” üzemállapot keveréke
 - pl. megújuló energiaforrások energiatárolói, szigetüzemi rendszerek akkumulátorai

Hétköznapi ipari akkumulátorai

<i>Ólom - sav</i>	<i>NiCd - lúgos</i>	<i>Li-Ion</i>
1. Cellakivitel - nyitott, folyadék elektrolitú - szeleppel zárt, kötött elektrolitú VRLA (Gel, AGM) 2. Elektróda kialakítás - nagyfelületű - kentlemezes - páncélelektrodás - rúdelektrodás 3. Rács ötvözet - antimon tartalmú Sb - kalcium tartalmú Ca - színólom 4. Akkumulátor kivitel - cellakialakítású - blokkos kialakítás 5. Névleges feszültség - 2V/cella 6. Töltési karakterisztika - W, IU, IUIa vagy ezek változatai	1. Cellakivitel - nyitott, folyadék elektrolitú <i>a hígított kálium hidroxid (káliólúg) kitölti a cellaedényt</i> - akár légmentesen zárt, kötött elektrolitú 2. Elektróda kialakítás - táskás kialakítás (pocket plate) - szinter elektrodás - FNC technológiás – műanyag hordozós - PBE elektrodás (plastic bounded electrode) 3. Rács ötvözet - nincs ötvöző anyag 4. Akkumulátor kivitel - elsősorban csak cellakialakítású - blokkos kialakítás elvétve 5. Névleges feszültség - 1,2V/cella 6. Töltési karakterisztika - IU	1. Cellakivitel - kizárólag zárt kialakítás 2. Elektróda kialakítás - sokféle lítium vegyület <i>pl. LiCoO_2, LiMn_2O_4, LiFePO_4 stb.</i> - Elektrolit: szerves oldószer 5. Névleges feszültség - 3,2; 3,6 V/cella 6. Töltési karakterisztika - IU

Akkumulátorok jellemzése

1. Villamos tulajdonságok

- névleges feszültség
- kapacitás – terhelés és hőmérséklet függő
- zárlati áram
- belső ellenállás

2. Mechanikai tulajdonságok

- méret, tömeg
- edényzet kialakítás – tűzálló, gázelvezetéses
- kivezető kialakítás – felső kialakítású vagy „front” terminálos – szerelhetőség, ellenőrzés



3. Töltés – kisütés – üzemeltetési hőmérséklet

- töltési karakterisztika, csepp-, gyorstöltési feszültség- és áramkorlát
- töltő áram hullámosság – melegedési problémák
- hőmérséklet kompenzált töltés – elsősorban zárt akkumulátor esetén
- terheléstől függő kisütési végfeszültség (Li-ion esetén biztonsági kérdés)
- biztonságos működési feltételek

4. Karbantartás igény

- zárt, nyitott – vízutántöltési lehetőség
- csökkentett karbantartás igény, karbantartás mentes

5. Élettartam

- élettartam években (pl. EuroBat szerinti) / vagy kisütési ciklusszám

Mit kell(ene) az áttöréshez?

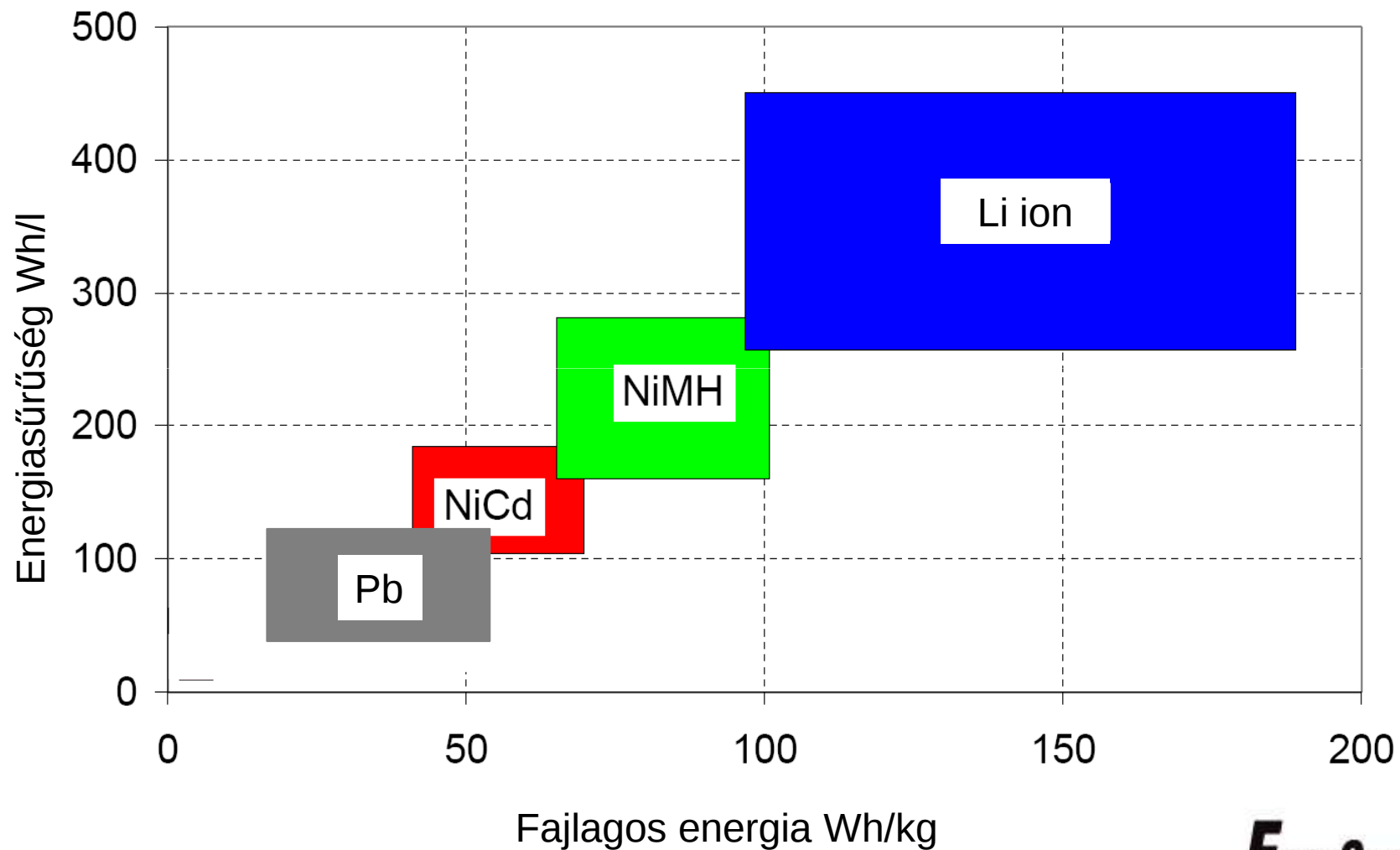
- **Jobb villamos paraméter(ek), mint a meglévőké**
 - magasabb cellafeszültség (kevesebb cellából lehet akkut építeni)
 - nagy energia sűrűség
 - kisebb belső ellenállás – jobb hatásfok, gyorsabb kisütési és töltési képesség – elektróda anyaga meghatározó
 - kisebb önkisülés – alkalmazott kémiai technológia, korrózió
 - mérsékeltebb hőmérséklet hatás a villamos paraméterekre
- **Kedvezőbb mechanikai paraméterek**
 - kisebb tömeg azonos kapacitás esetén (könnyebb)
 - kisebb méret azonos kapacitás esetén (kisebb)
 - kedvezőbb cellaforma, jobb helykihasználás (cilinderes, prizmatikus)
- **Biztonságosabb üzemeltetés**
 - tipikus veszélyforrások kiiktatása – durranógáz képződés, rövidzár kialakulás, korróziós jelenségek
 - környezetre veszélytelen anyagok használata (pl. Pb, Cd és elektrolitok kiiktatása), havária esetén sincs veszély
 - nem megengedett üzemállapotok kizárása pl. mélykisütés, túltöltés
 - karbantartás mentesség
- **Hosszabb élettartam (években és/vagy ciklusszámban)**
- **Kedvezőbb ár – beszerzési és üzemeltetési költség**

Miért lítium?

IUPAC Periodic Table of the Elements

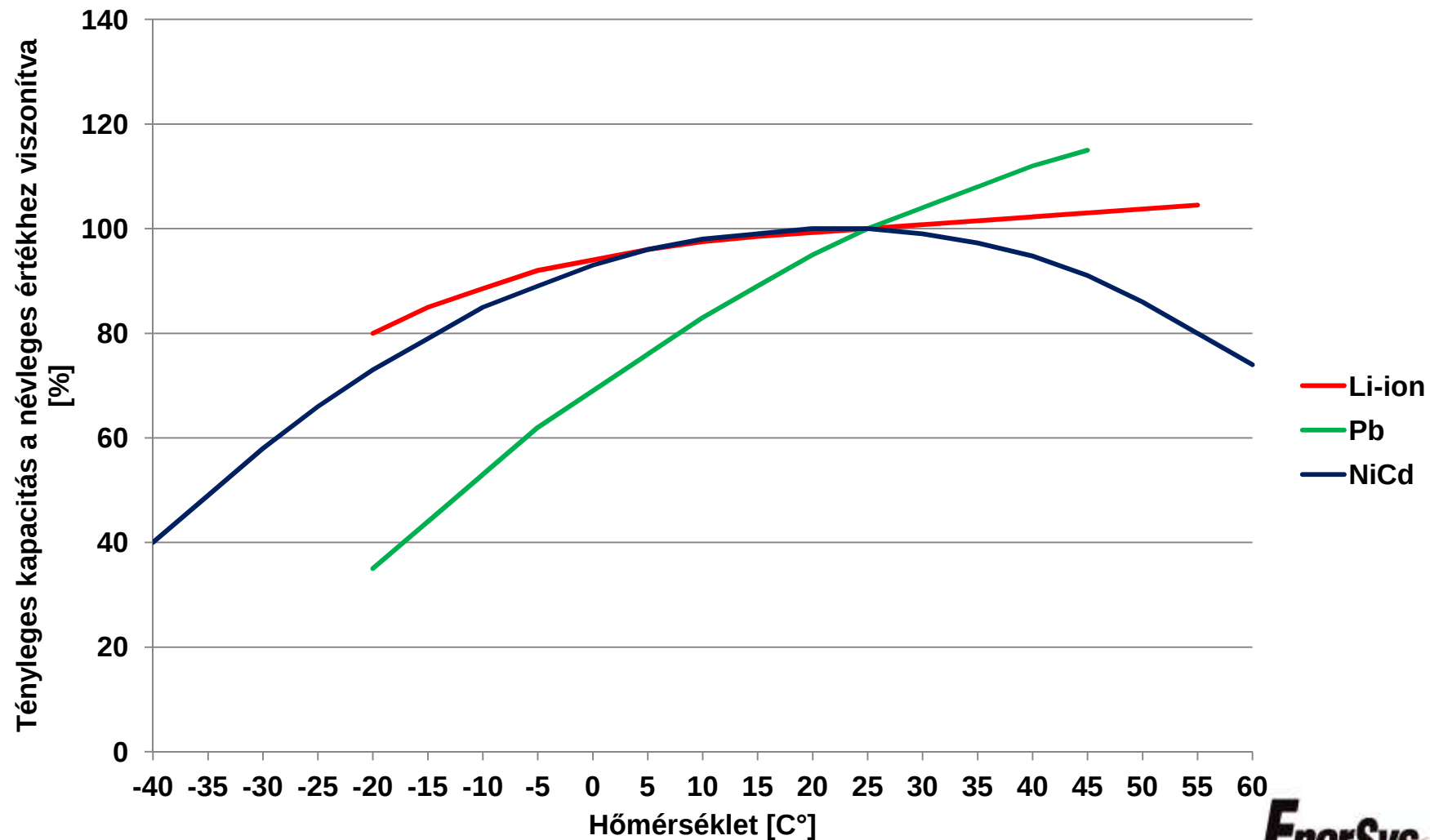
1																	18	
1 H hydrogen 1.007 84(7)	2 He helium 4.002 602(2)																	
3 Li lithium 6.941(2)	4 Be beryllium 9.012 182(3)																	10 Ne neon 20.1797(2)
Key: atomic number name standard atomic weight																		
11 Na sodium 22.989 769 28(2)	12 Mg magnesium 24.3050(6)	13 Al aluminium 26.981 538 6(8)	14 Si silicon 28.085 5(3)	15 P phosphorus 30.973 762(2)	16 S sulfur 32.06(5)	17 Cl chlorine 35.453(2)	18 Ar argon 39.948(1)											36 Kr krypton 83.798(2)
19 K potassium 39.0983(1)	20 Ca calcium 40.078(4)	21 Sc scandium 44.955 912(6)	22 Ti titanium 47.867(1)	23 V vanadium 50.9415(1)	24 Cr chromium 51.996 1(6)	25 Mn manganese 54.938 045(5)	26 Fe iron 55.845(2)	27 Co cobalt 58.933 195(6)	28 Ni nickel 58.6934(2)	29 Cu copper 63.546(3)	30 Zn zinc 65.409(4)	31 Ga gallium 69.723(1)	32 Ge germanium 72.64(1)	33 As arsenic 74.921 63(2)	34 Se selenium 78.96(3)	35 Br bromine 79.904(1)	36 Kr krypton 83.798(2)	
37 Rb rubidium 85.4678(3)	38 Sr strontium 87.62(1)	39 Y yttrium 88.905 85(2)	40 Zr zirconium 91.224(2)	41 Nb niobium 92.906 38(2)	42 Mo molybdenum 95.94(2)	43 Tc technetium [98]	44 Ru ruthenium 101.07(2)	45 Rh rhodium 102.905 58(2)	46 Pd palladium 106.42(1)	47 Ag silver 107.8682(2)	48 Cd cadmium 112.411(8)	49 In indium 114.818(3)	50 Sn tin 118.710(7)	51 Sb antimony 121.760(1)	52 Te tellurium 127.6(3)	53 I iodine 126.904 47(3)	54 Xe xenon 131.29(3)	
55 Cs caesium 132.905 451 9(2)	56 Ba barium 137.327(7)	lanthanoids		72 Hf hafnium 178.49(2)	73 Ta tantalum 180.947 88(2)	74 W tungsten 183.84(1)	75 Re rhenium 186.207(1)	76 Os osmium 190.23(3)	77 Ir iridium 192.225(3)	78 Pt platinum 195.084(9)	79 Au gold 196.966 569(4)	80 Hg mercury 200.59(2)	81 Tl thallium 204.3833(2)	82 Pb lead 207.2(1)	83 Bi bismuth 208.980 401(1)	84 Po polonium [209]	85 At astatine [210]	86 Rn radon [222]
87 Fr francium [223]	88 Ra radium [226]	actinoids		104 Rf rutherfordium [261]	105 Db dubnium [262]	106 Sg seaborgium [266]	107 Bh bohrium [264]	108 Hs hassium [277]	109 Mt meitnerium [268]	110 Ds darmstadtium [271]	111 Rg roentgenium [272]							

Különböző akkutechnológiák összehasonlítása



Akkumulátor kapacitás hőfokfüggése

Kapacitás változás a hőmérséklet függvényében



Elektróda rácskorrózió – csak ólom

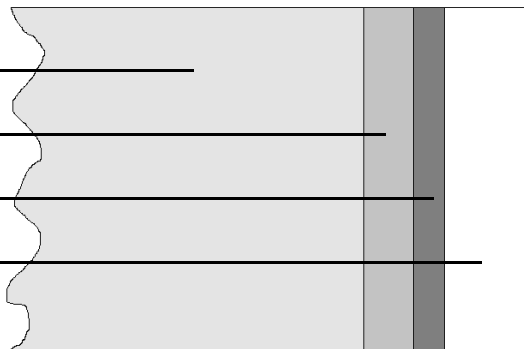
1. Rácsfelület korrózió

PbO₂ porózus aktív anyag

PbO₂ sűrű rácsot borító film

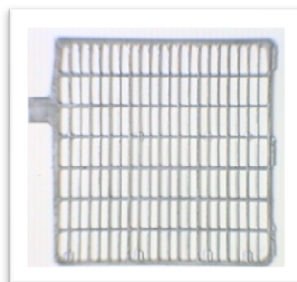
PbO_x köztes réteg

Pb rács (pozitív)

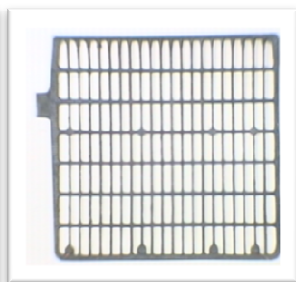


Korrózió sebessége:
~0,03 mm/év

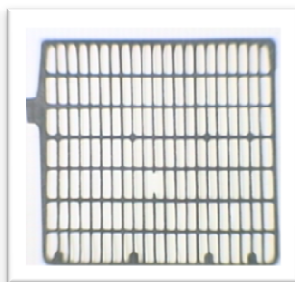
2. Rácskeresztmetszet korrózió, pozitív elektróda növekedés



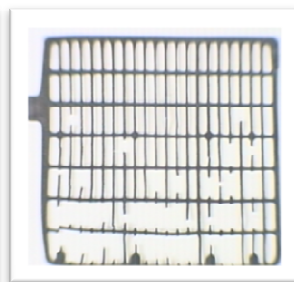
0. nap



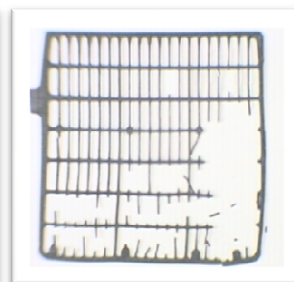
80. nap



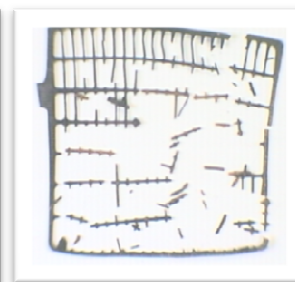
160. nap



240. nap



320. nap



400. nap

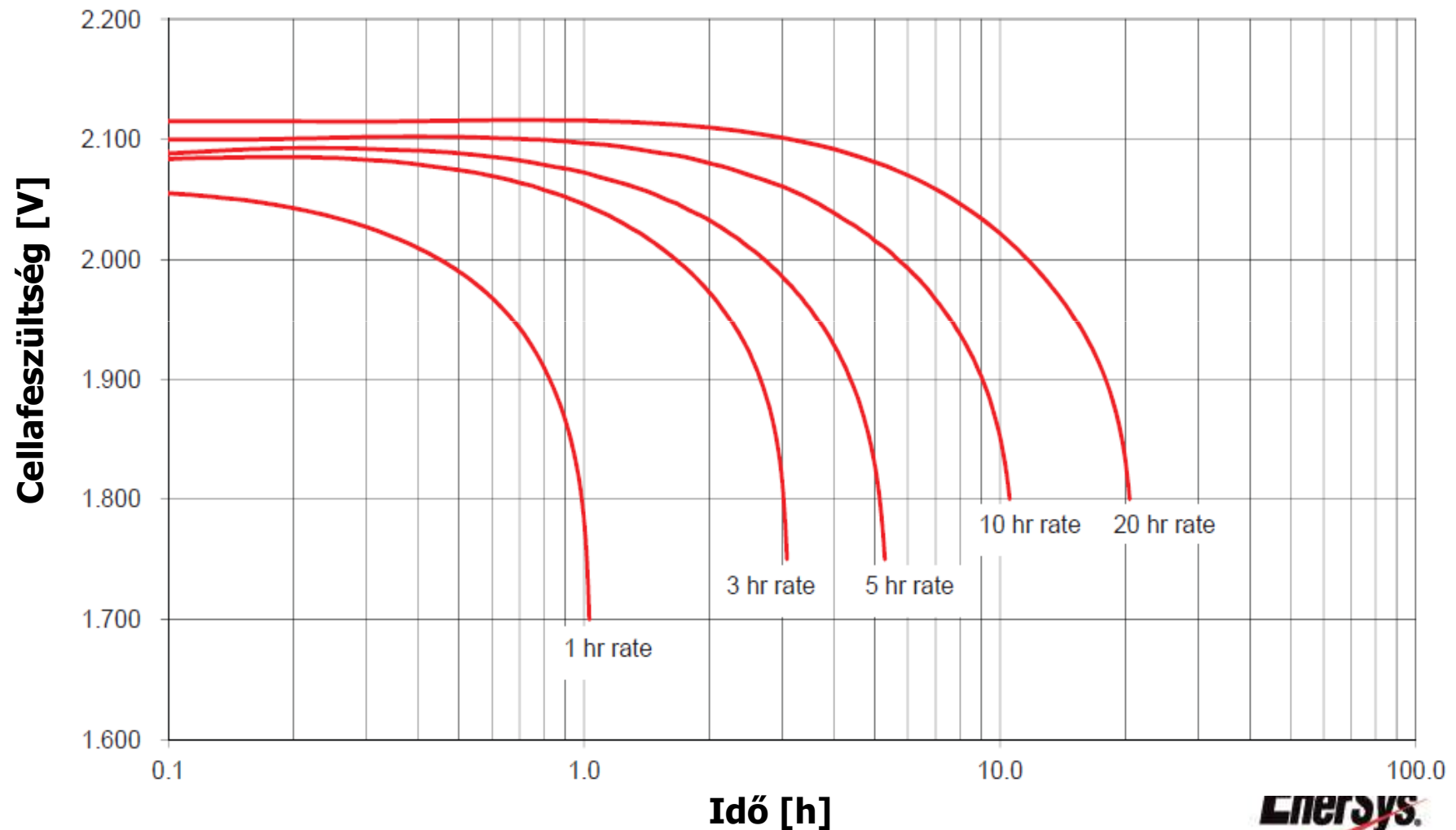
Pb-Cu ötvözet, rács feszültség 2,27 V, hőmérséklet 55°C

3. Póluskorrózió

Hasonló okból kezdődik, mint a rácskorrózió, de a pólus felső vége az elektrolittól való távolság miatt idővel kisebb potenciálra kerül és végül szulfatálódik.

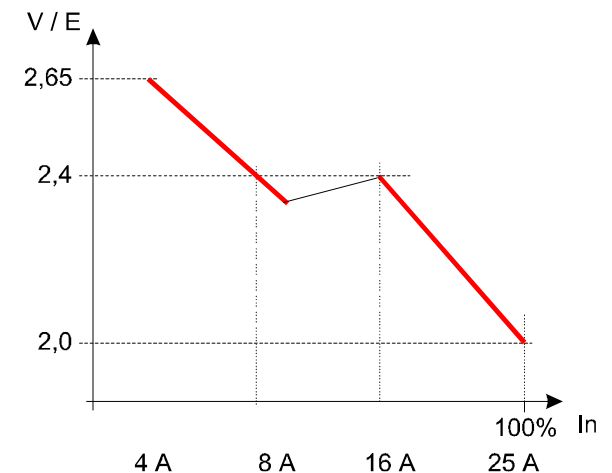
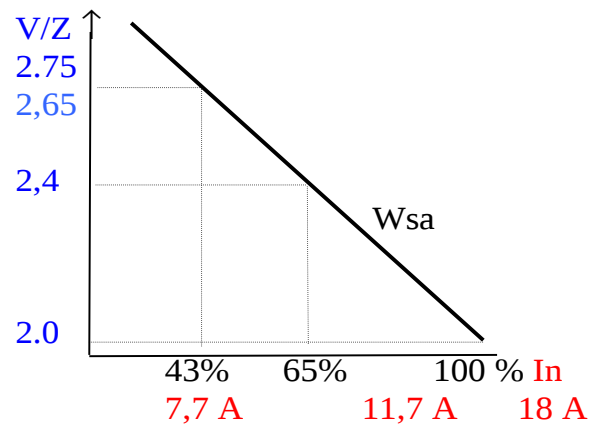
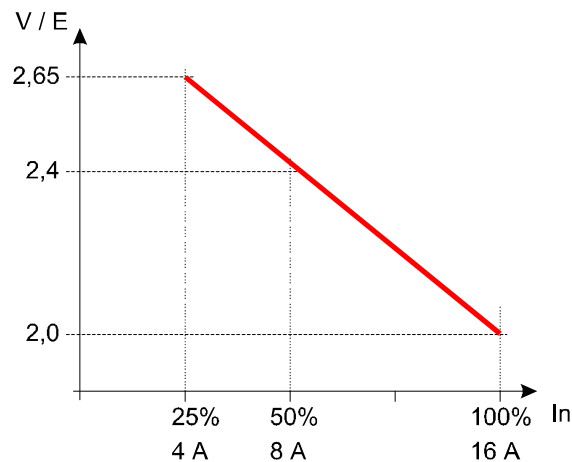
Akkumulátor kapacitás terhelés függése

Kapacitás terhelés függése, áthidalási idővel korrelál

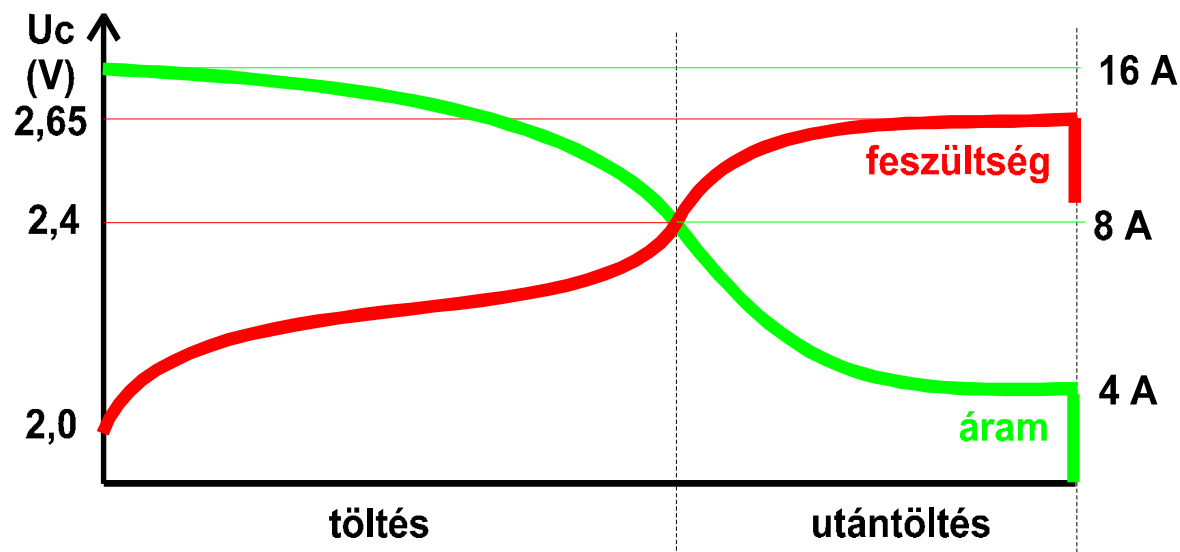


Töltési karakterisztikák – töltési módok 1.

- Szabályzatlan töltési karakterisztika – W_a , W_{sa} , W_{oWa}

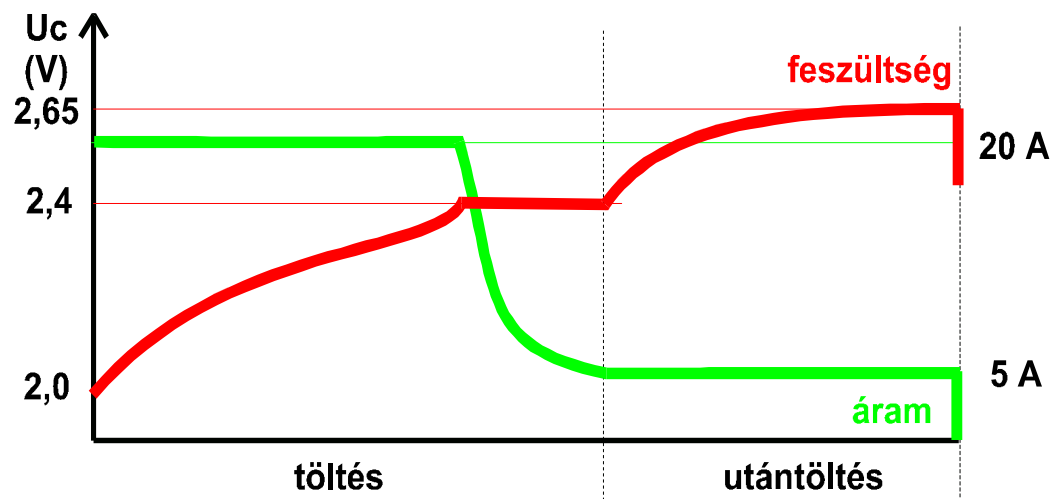
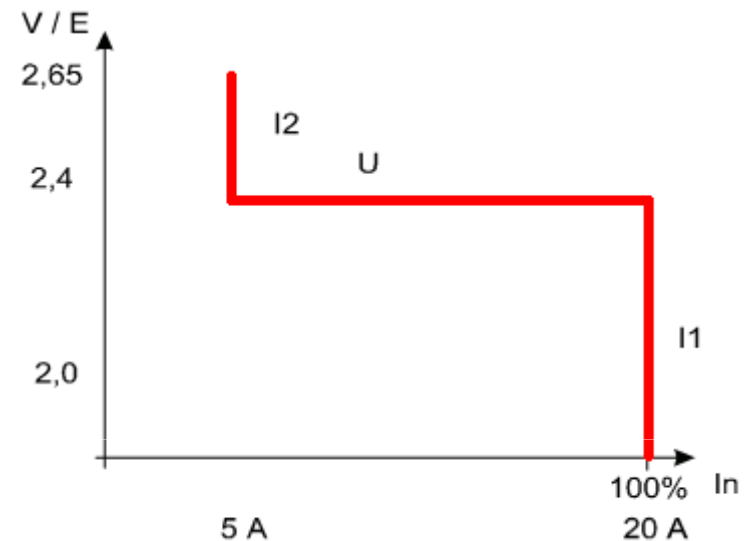
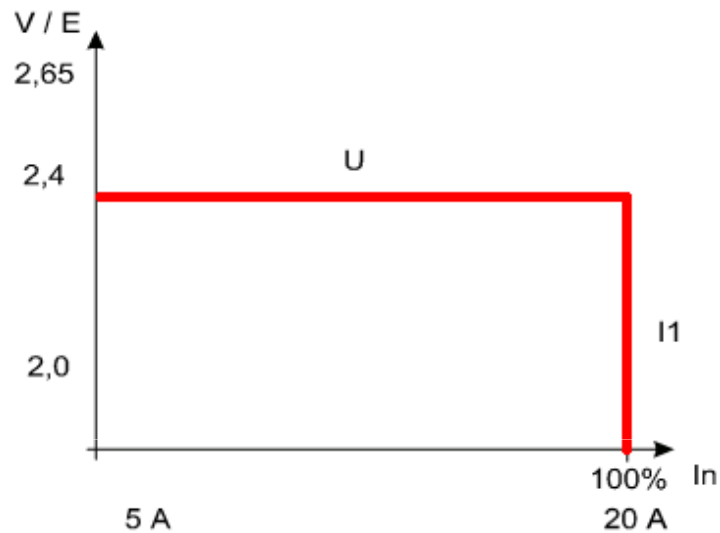


W_{sa} - jelleggörbe



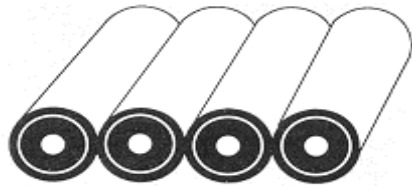
Töltési karakterisztikák – töltési módok 2.

- Szabályozott töltési karakterisztika – IU, IU1a

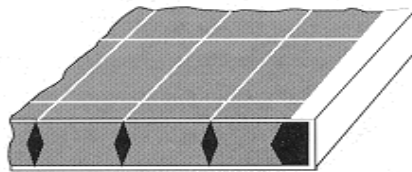


Elektróda kialakítás hatása a belső ellenállásra

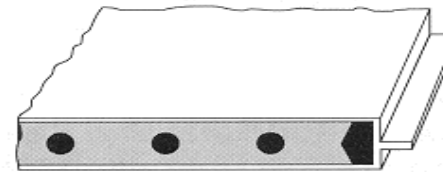
- A páncél- és a kentlemezes technológia ötvözete a rúdelektroda



OPzS

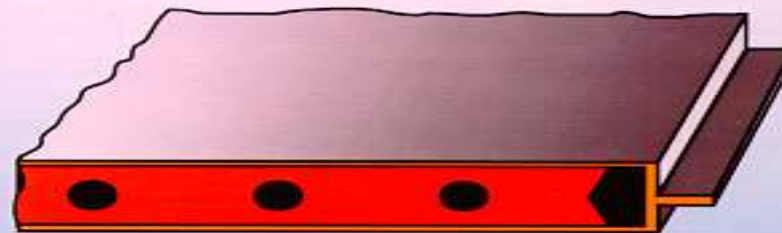
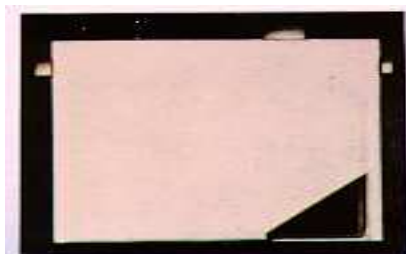


Kentlemez



Rúd

- Kerek keresztmetszetű rácselektroda szerkezet
- Vastag rácsszerkezetet teljesen körbevevő aktív anyag
- Erősített poliészter táskába rakott pozitív elektróda (hasonlóan, mint a PzS technológiánál)



Akkumulátorok összehasonlítása

Típus		Pb-Ca-Zn	Pb-Sb	Pb színólom	NiCd	Li-ion LFP
Ciklusállóság	80% DOD	400	1200	700	700	>1000
	50% DOD	575	1900	1500	1200	>2500
	25%DOD	800	4700	3000	4400	>10000
Élettartam	év	12+	15+	15+	20	20
Töltés idő	80% DOD	14h, 10%xCn	10h, 40%xCn	4h, 50%xCn	8h, 20%xCn	0,5-1h, 1-2xCn
	50% DOD	10h, 10%xCn	7h, 10%xCn	2,5h, 10%xCn	5h, 20%xCn	0,25-0,5h, 1-2xCn
	25% DOD	6h, 10%xCn	4h, 10%xCn	1,5h, 10%xCn	2,5h, 20%xCn	0,1-0,25h, 1-2xCn
PSOC tűrés		közepes rends. feltöltést igényel	közepes rends. feltöltést igényel	közepes rends. feltöltést igényel	közepes rends. kisütést igényel	kiváló
Mélykisütés tűrés		alacsony	alacsony/közepes	alacsony	kiváló	tilos
Túltöltés tűrés		rossz	rossz, gyenge	rossz	gyenge	tilos
Hőmérséklet	kisütés	-15°C - 45°C	-15°C - 50°C	-15°C - 50°C	-30°C - 50°C	-15°C - 60°C
	töltés	-10°C - 45°C	-10°C - 45°C	-10°C - 45°C	-25°C - 50°C	0°C - 40°C
Kisütés	I _{max}	2-3C	2C	3-4C	5-6C	15C
Szellőztetés		nem	igen/nem	nem	igen	nem
Vízutántöltés		nem	igen/nem	nem	igen	Nem értelmezhető
U (üzemi) V/cella	kisütés	1,7 - 2,1V	1,7 - 2,1V	1,7 - 2,1V	0,8 - 1,2V	2,5 - 3,2V
	töltés	2,1 - 2,4V	2,1 - 2,5V	2,1 - 2,4V	1,2 - 1,7V	3 - 3,7V

Mit kell(ene) az áttöréshez?

- **Jobb villamos paraméter(ek), mint a meglévőké**
 - magasabb cellafeszültség (kevesebb cellából lehet akkut építeni)
 - kisebb belső ellenállás – jobb hatásfok, gyorsabb kisütési és töltési képesség – elektróda anyaga meghatározó
 - kisebb önkisülés – alkalmazott kémiai technológia, korrózió
 - mérsékeltebb hőmérséklet hatás a villamos paraméterekre
- **Kedvezőbb mechanikai paraméterek**
 - kisebb tömeg azonos kapacitás esetén (könnyebb)
 - kisebb méret azonos kapacitás esetén (kisebb)
 - kedvezőbb cellaforma, jobb helykihasználás (cilinderes, prizmatikus)
- **Biztonságosabb üzemeltetés**
 - tipikus veszélyforrások kiiktatása – durranógáz képződés, rövidzár kialakulás, korróziós jelenségek
 - környezetre veszélytelen anyagok használata (pl. Pb, Cd és nem semleges kémhatású elektrolitok „kiiktatása”), havária esetén sincs veszély
 - nem megengedett üzemállapotok kizárása pl. mélykisütés, túltöltés
 - karbantartás mentesség
- **Hosszabb élettartam (években és/vagy ciklusszámban)**
- **Kedvezőbb ár – beszerzési és üzemeltetési költség**

Pb akkumulátor töltés, mellékreakció: gázosodás

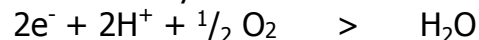


Gázrekombináció - karbantartásmentesség

- A feltöltött akkumulátoron átfolyó áram az elektrolitban lévő vizet a negatív lemeznél hidrogénné, a pozitív lemeznél oxigénné bontja, így csökkentve a víz mennyiségét. Ezt időről időre pótolni kell.

- A gázok kibocsátása nem történik egyszerre, azonos mértékben, mert a pozitív elektróda töltődése rosszabb hatásfokú. Ez azt jelenti, hogy az oxigén kibocsátása előbb történik meg a pozitív elektródán, mint a hidrogéné a negatív elektródán.

- A pozitív elektródán kifejlődött oxigénnel egy időben a negatív elektródán lényeges mennyiségű erősen aktív, szivacsos szerkezetű ólom akadályozza a hidrogén kibocsátás kezdetét. Ezért az oxigén átjuthat a negatív elektródához, ahol egy gyors ólom oxigén reakcióra ideálisak a feltételek. Az alábbi elektrokémiai folyamat szerint

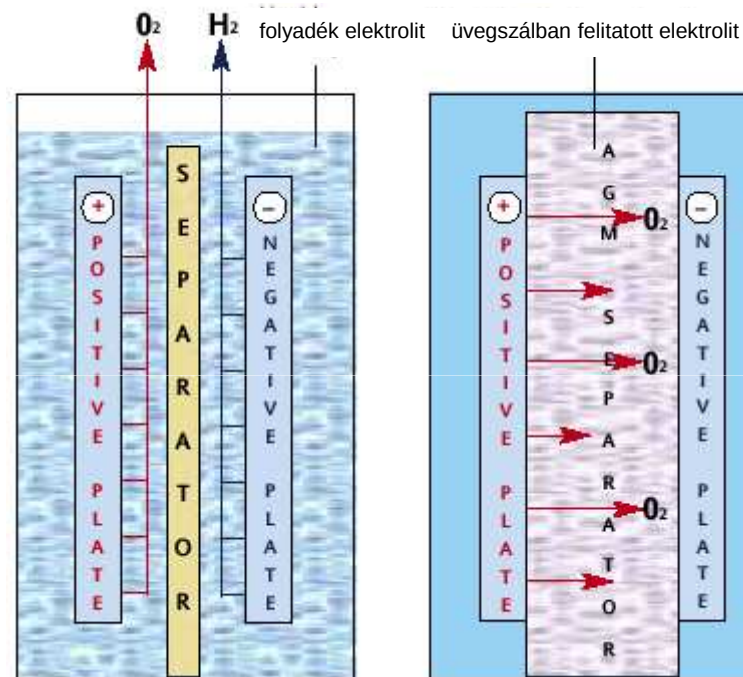


a végeredmény újra víz.

A negatív elektródán átfolyó áram működteti a rekombinációt a hidrogén emissziója helyett. De ez a folyamat csak a cella belsejében meglévő gáz halmazállapot esetén megfelelő hatásfokú – ezért kell szeleppel zárni. Folyadék elektrolitú akkumulátor esetén ez nem működik, mivel folyadékban csak a sokkal lassúbb diffúzió „szállítja” az oldott oxigént a negatív lemezhez.

Ezt a folyamatot hívják oxigén körfolyamatnak. Amennyiben 100% lenne a folyamat hatásfoka, úgy nem lenne vízfogyasztás. Megfelelő tervezéssel és megfelelő anyagok kiválasztásával a gáz rekombinációja 99%-os lehet.

Oxigén körfolyamat



Hagyományos cella

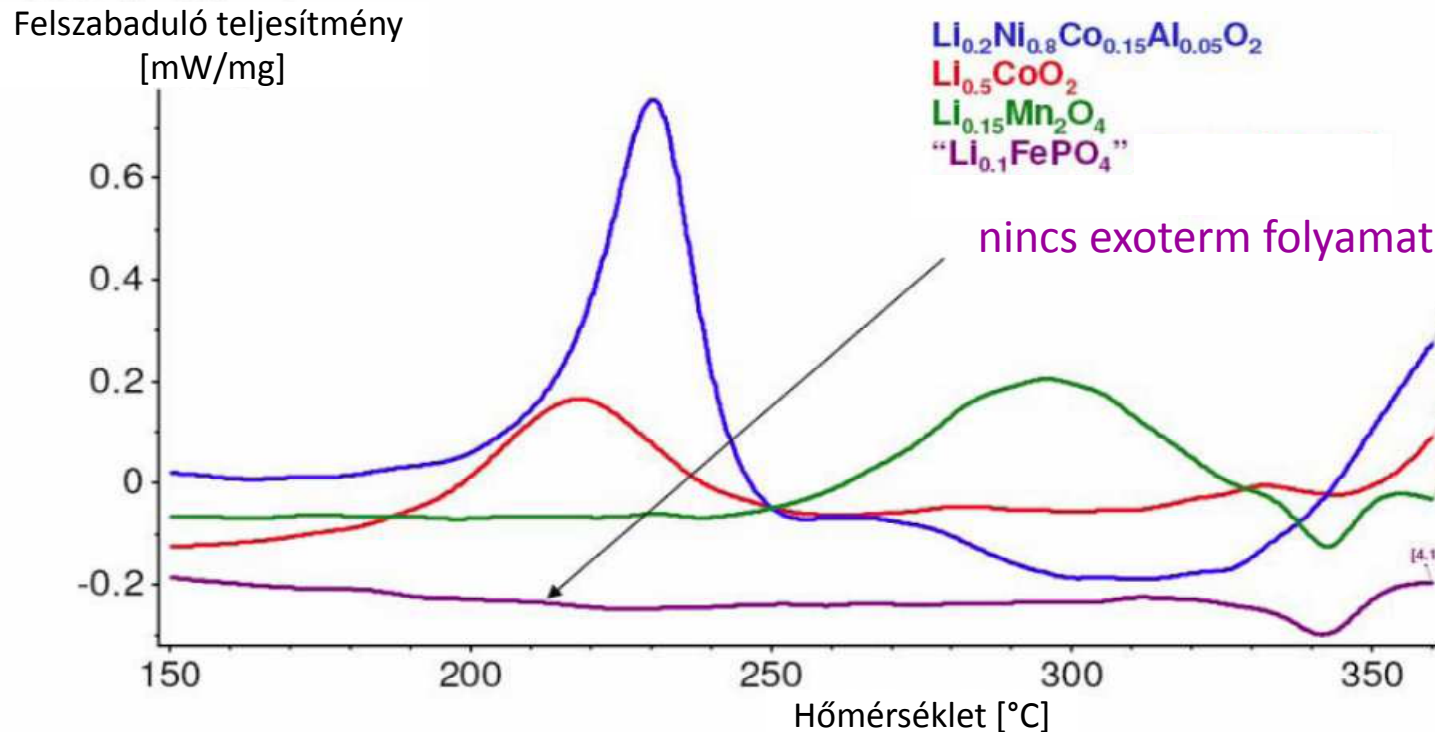
A töltés során felszabaduló oxigén és hidrogén távozik a cella belsejéből.

VRLA cella

A töltés során felszabaduló oxigén a negatív lemeznél rekombinálódik az ott keletkező hidrogénnel és újra vízé alakul.

Li-ion cella hőmegfutási jelensége

Megfelelő elektrokémia megválasztása



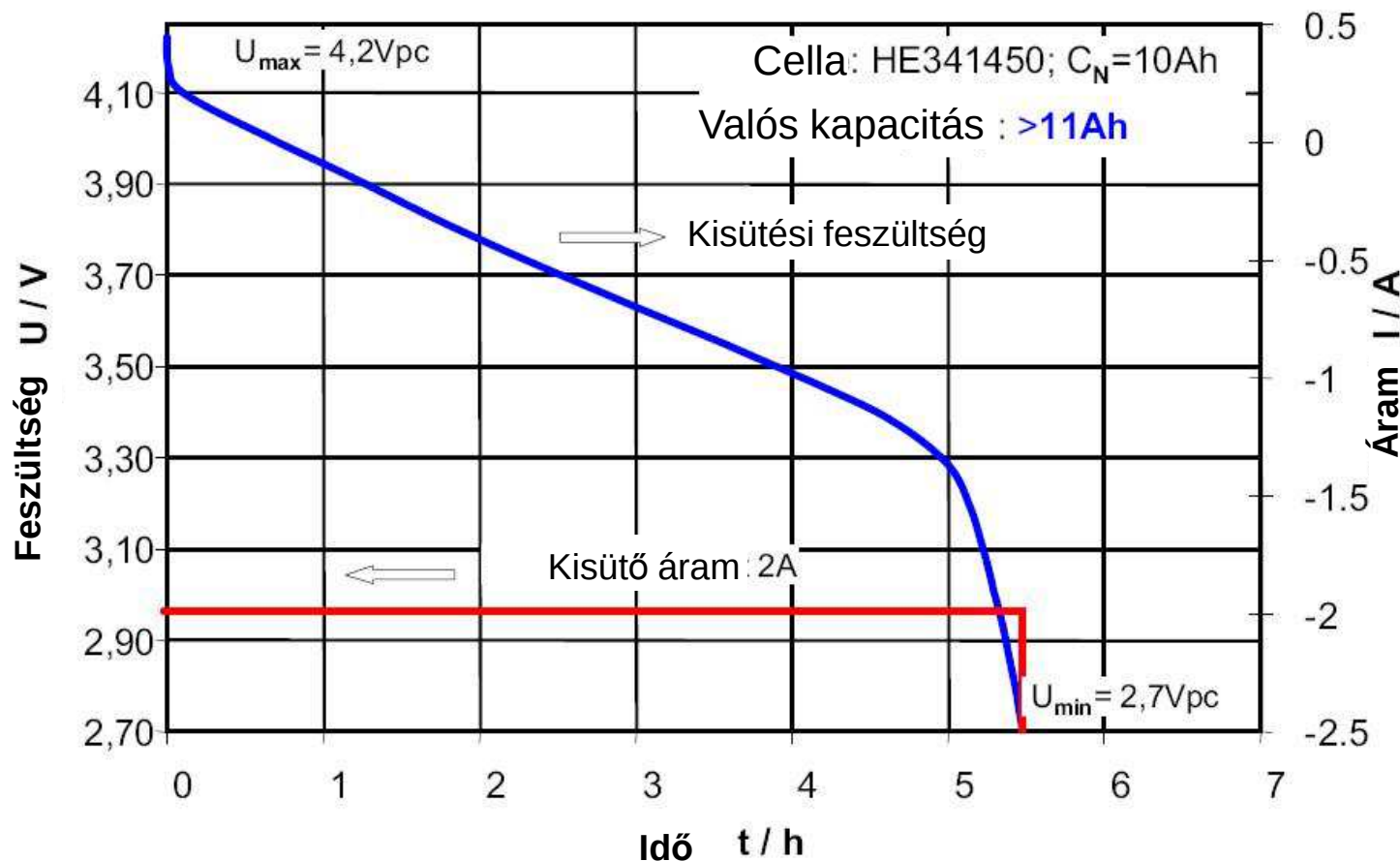
A hőmérsékletemelkedés okai lehetnek külsők

(pl.: napsütés, túlmelegedő alkatrész vagy kötés a közelben)

és/vagy belsők

(pl.: az adott körülményekhez képest túl nagy töltő vagy kisütő áram)

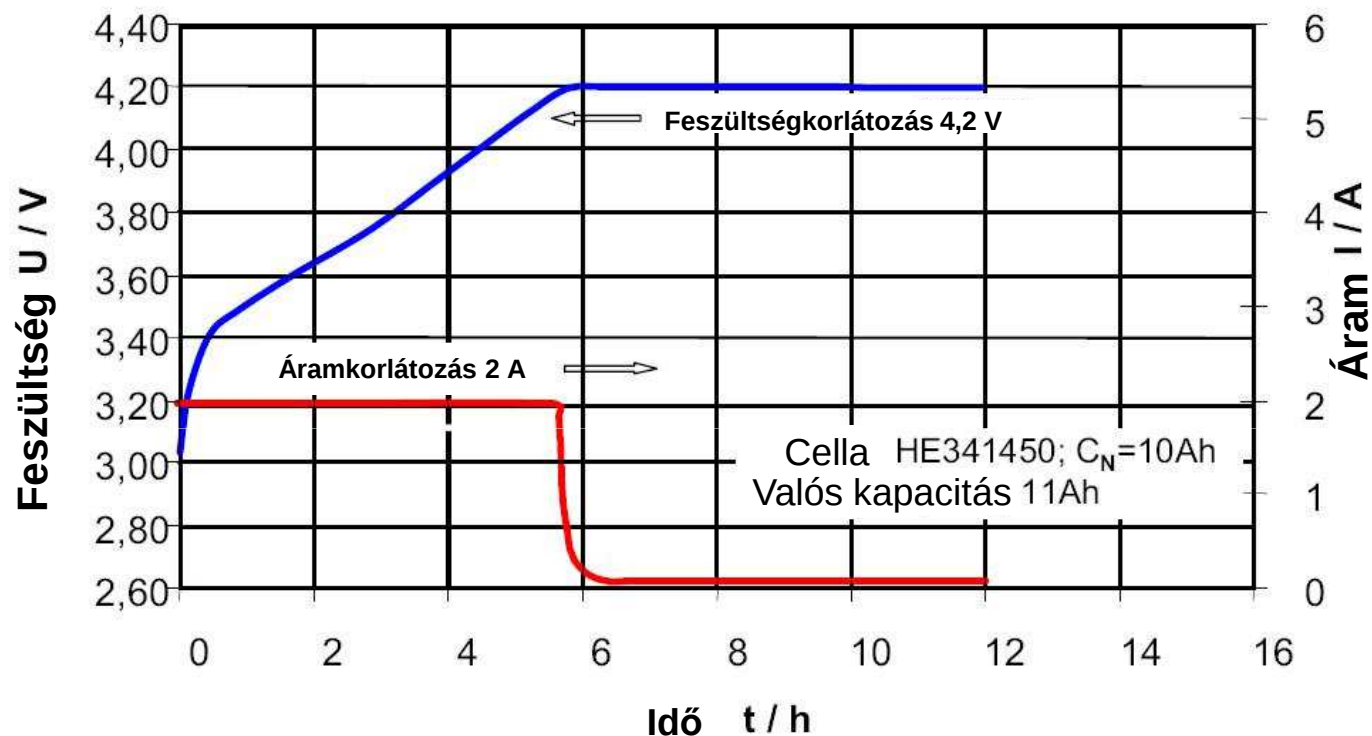
Tipikus lítium ion kisütési jelleggörbe



A kisütési végfeszültség mintegy 3 V/cella

(Az ennél alacsonyabb érték maradandó cellakárosodást és biztonsági kockázatokat okoz. ➡ Cu kirakódás)

Tipikus Li-ion töltési jelleggörbe



A 4,2 V legnagyobb töltőfeszültség csak ciklikus alkalmazásoknál ajánlott.
Pufferüzemű alkalmazásoknál 4,05 – 4,1 V/cella az irányadó.
(A töltőfeszültség növelésével csökken az élettartam. ➡ Li kirakódás)

A szükséges biztonsági intézkedések



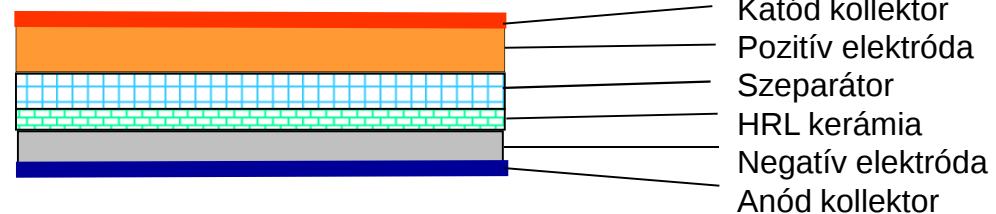
Közismertek a hasonló balesetek, amelyek minden esetben a Li-ion telepek nem megfelelő kezeléséből illetve üzemeltetéséből eredeztethetők. Az általános mögöttes ok pedig ezen kémiai áramforrásoknak a hagyományosnak tekinthető akkumulátorokétól jelentősen eltérő tulajdonságaiban keresendő.

A biztonsági intézkedések szintjei

- megfelelő elektrokémia
- cellaszintű beavatkozó eszközök
- rendszerszintű akkumulátor felügyelet

Biztonsági intézkedések cella szinten

HRL – Heat Resistant Layer



CID – Current Interruption Device

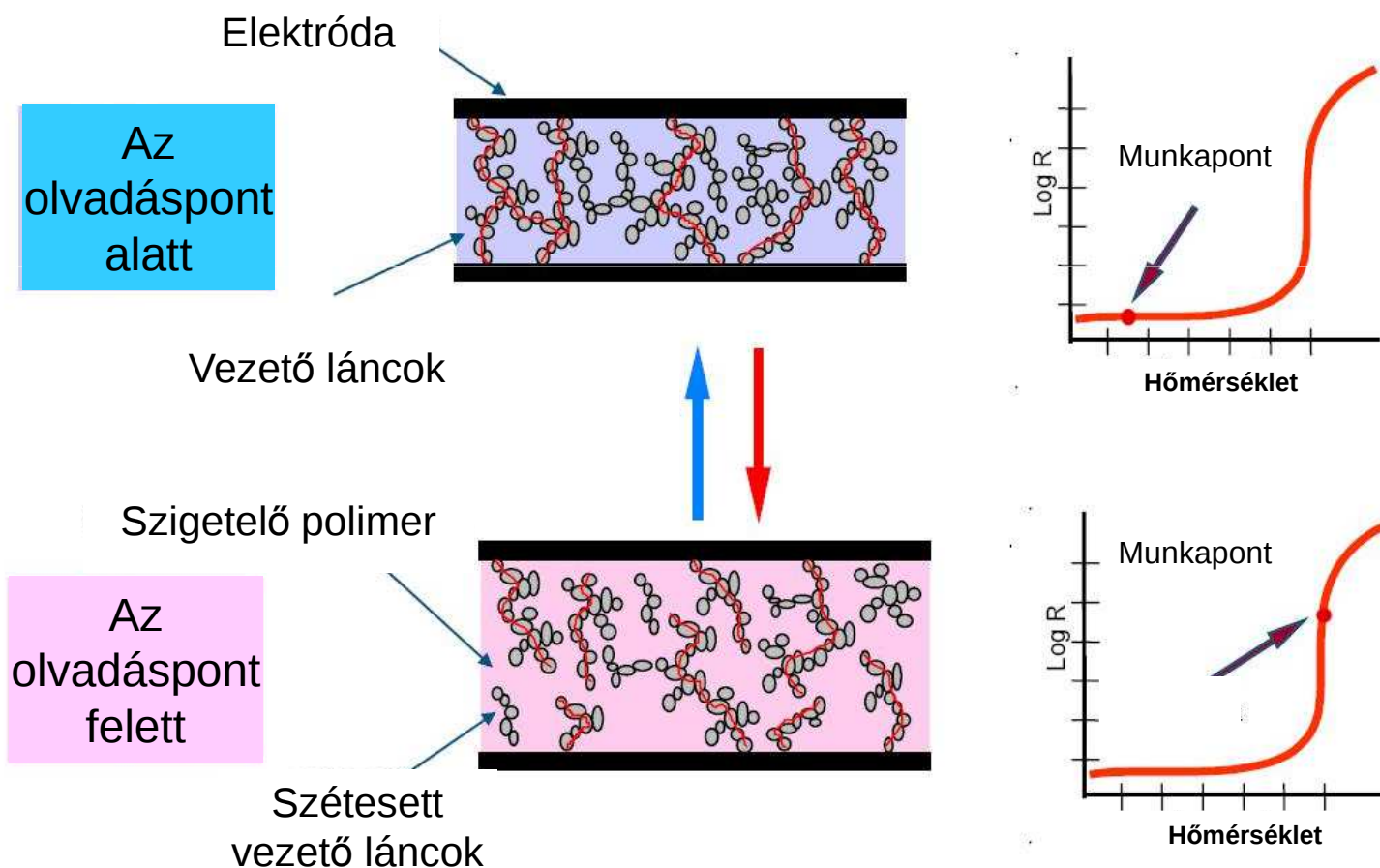


Kombinált védelmi egység minden cellában

- túlnyomás szelep
megakadályozza túlnyomás és ezáltal robbanás kialakulását
- olvadó biztosító
megakadályozza meg nem engedett túlárámok kialakulását, a cella túlmelegedését
- elektronikus védelem
cellafeszültség ellenőrzés (megakadályozza a cella túltöltését)
töltőáram függő lekapcsolási folyamat

Cellablokkok védelme – PolySwitch

Hő hatására elbomló és újra felépülő, villamosan vezető láncok a polimer belsejében



Az akkumulátorok felügyeleti rendszere I.

(**B**attery **M**anagement **S**ystem)

Az akkumulátor felügyeleti rendszer egy adatgyűjtő, adatfeldolgozó és beavatkozó elektronikus egység, amelynek feladata a telep üzemének ellenőrzése.

Három alapvető funkciója

- a biztonságos üzemelés
- az optimális működés
- a külső, belső kommunikáció biztosítása.

Üzembiztonság

A BMS-nek biztosítania kell, hogy a nagyszámú, soros-párhuzamos cellából álló rendszerben az üzemelési körülmények mindenben megfeleljenek a cellák által támasztott követelményeknek:

- az egyes cellák feszültsége soha nem léphet ki a gyártó által megadott töltési és kisütési végfeszültségek által meghatározott sávból, azaz kell mélykisütés és túltöltés elleni védelem
- a töltési és kisütési áramok nem haladhatják meg a meghatározott időfüggő határértékeket, azaz szükség van túláram védelemre
- a cellák hőmérséklete benne kell maradjon az üzemmódtól függő alsó és felső megengedett értékek által adott tartományban, azaz kell alsó és felső hőmérsékleti védelem

A megfelelő rendszer megbízhatóság megkövetel bizonyos öndiagnosztikai funkciókat is.

Az akkumulátorok felügyeleti rendszere II.

Optimális működés

A telep optimális működésének feltétele, hogy valamennyi sorba kapcsolt cella mindig azonos mértékben legyen feltöltve. Minthogy az egyes cellák között mindig vannak eltérések, amelyek ráadásul az öregedéssel növekednek, a felügyeleti rendszernek a cellák töltöttségi állapotát ki kell egyenlítenie. A cél a jelentős, tartós eltérések kiküszöbölése. Kiegyenlítésre sor kerülhet mind töltés, mind kisütés alatt, de gyakorlatilag könnyebb és elegendő is csak a töltési szakaszban alkalmazni. Az eljárást igen sokszor lehet cellafeszültség mérésre alapozni, de ez nem tehető meg tetszőleges cella elektrokémia esetén. Pl. lítium-vas-foszfát celláknál az igen lapos áram-feszültség jelleggörbe miatt ez a módszer csak a töltés végső szakaszában alkalmazható hatékonyan. Itt inkább a töltöttségi állapot (SOC) meghatározása ad megfelelő támpontot.

Kommunikáció

Van egy rendszeren belüli és egy külső kommunikáció. A belső kommunikáció a rendszert alkotó egyes alegységek egymás közötti információ cseréjét jelenti, ami elengedhetetlen feltétele a BMS működésének.

A külső kommunikáció egy szolgáltatás egy fölérendelt rendszer számára. A BMS minden, a rendszerben rendelkezésre álló adatot továbbítani tud, pl. SOC, SOH, hőmérsékletek, feszültségek, áramok, üzemállapotok, hibajelzések stb.

A felügyeleti rendszer tud külső parancsokat fogadni és azoknak megfelelően módosítani az akkumulátor működését.

Az akkumulátorok felügyeleti rendszere III.

Másodlagos biztonsági rendszer

A BMS mellett létezik egy attól független, analóg, másodlagos biztonsági rendszer is, amely

- önállóan ellenőrzi a kritikus rendszeradatokat. (feszültségeket, hőmérsékleteket, áramot)
- redundáns módon ellenőrzi a cellafeszültségeket
- kritikus, meg nem engedett helyzetet érzékelve közvetlen rendszer lekapcsolást tud végrehajtani
- közvetlenül ellenőrzi a telepkapcsoló állapotát

Telepkapcsoló

Nagyteljesítményű rendszerekben a telepkapcsolót 3 hierarchikusan egymásra épülő részegység alkotja:

- félvezetős kapcsoló
- kontaktor
- olvadó biztosító

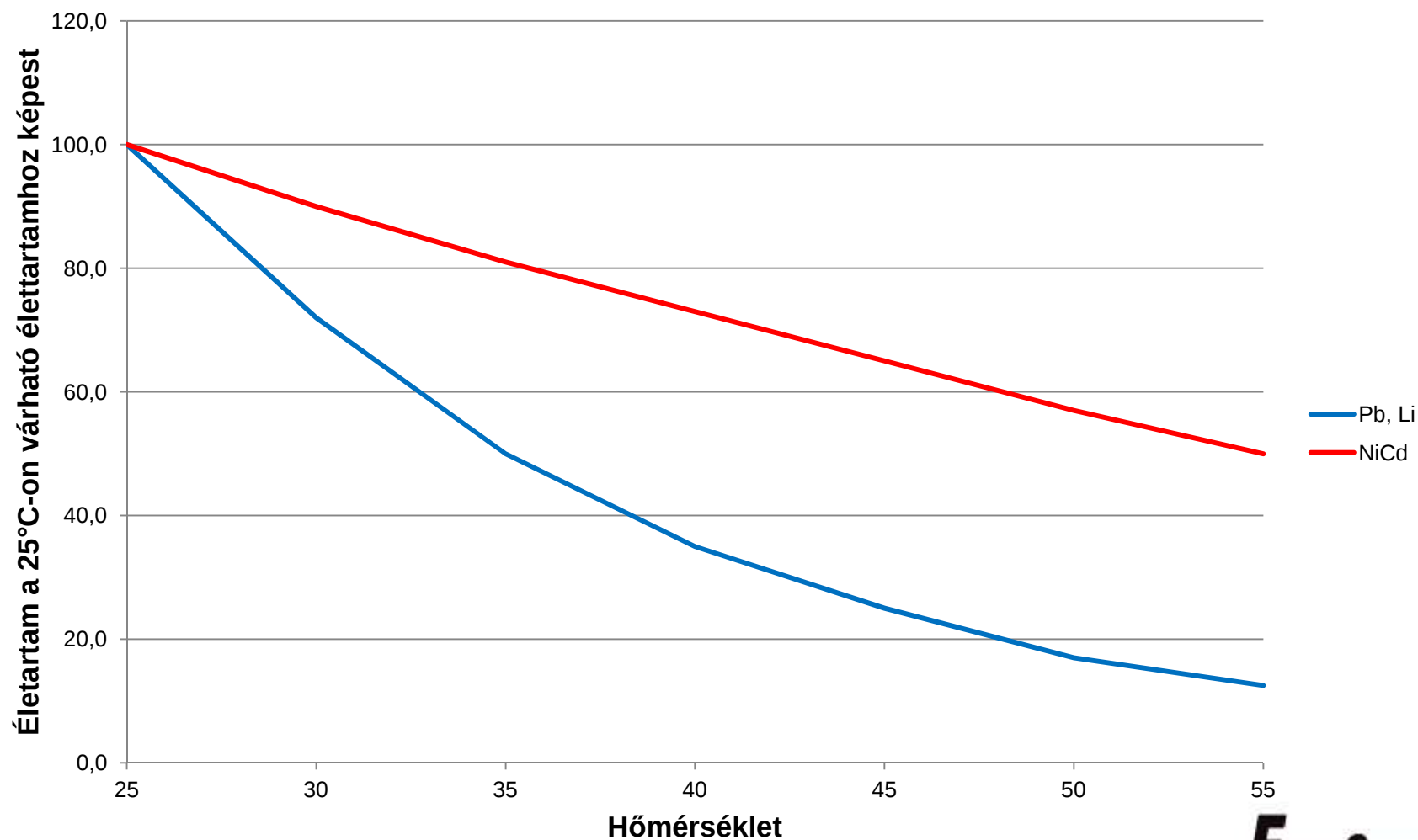
Normál üzemben a lekapcsolásokat a félvezetős egység végzi. Ennek hibája esetén a kontaktor veszi át a szerepét. E két elem együttes meghibásodásakor a lekapcsolás feladata a biztosítóra hárul.

Mit kell(ene) az áttöréshez?

- **Jobb villamos paraméter(ek), mint a meglévőké**
 - magasabb cellafeszültség (kevesebb cellából lehet akkut építeni)
 - nagy energia sűrűség
 - kisebb belső ellenállás – jobb hatásfok, gyorsabb kisütési és töltési képesség – elektróda anyaga meghatározó
 - kisebb önkisülés – alkalmazott kémiai technológia, korrózió
 - mérsékeltebb hőmérséklet hatás a villamos paraméterekre
- **Kedvezőbb mechanikai paraméterek**
 - kisebb tömeg azonos kapacitás esetén (könnyebb)
 - kisebb méret azonos kapacitás esetén (kisebb)
 - kedvezőbb cellaforma, jobb helykihasználás (cilinderes, prizmatikus)
- **Biztonságosabb üzemeltetés**
 - tipikus veszélyforrások kiiktatása – durranógáz képződés, rövidzár kialakulás, korróziós jelenségek
 - környezetre veszélytelen anyagok használata (pl. Pb, Cd és elektrolitok kiiktatása), havária esetén sincs veszély
 - nem megengedett üzemállapotok kizárása pl. mélykisütés, túltöltés
 - karbantartás mentesség
- **Hosszabb élettartam (években és/vagy ciklusszámban)**
- **Kedvezőbb ár – beszerzési és üzemeltetési költség**

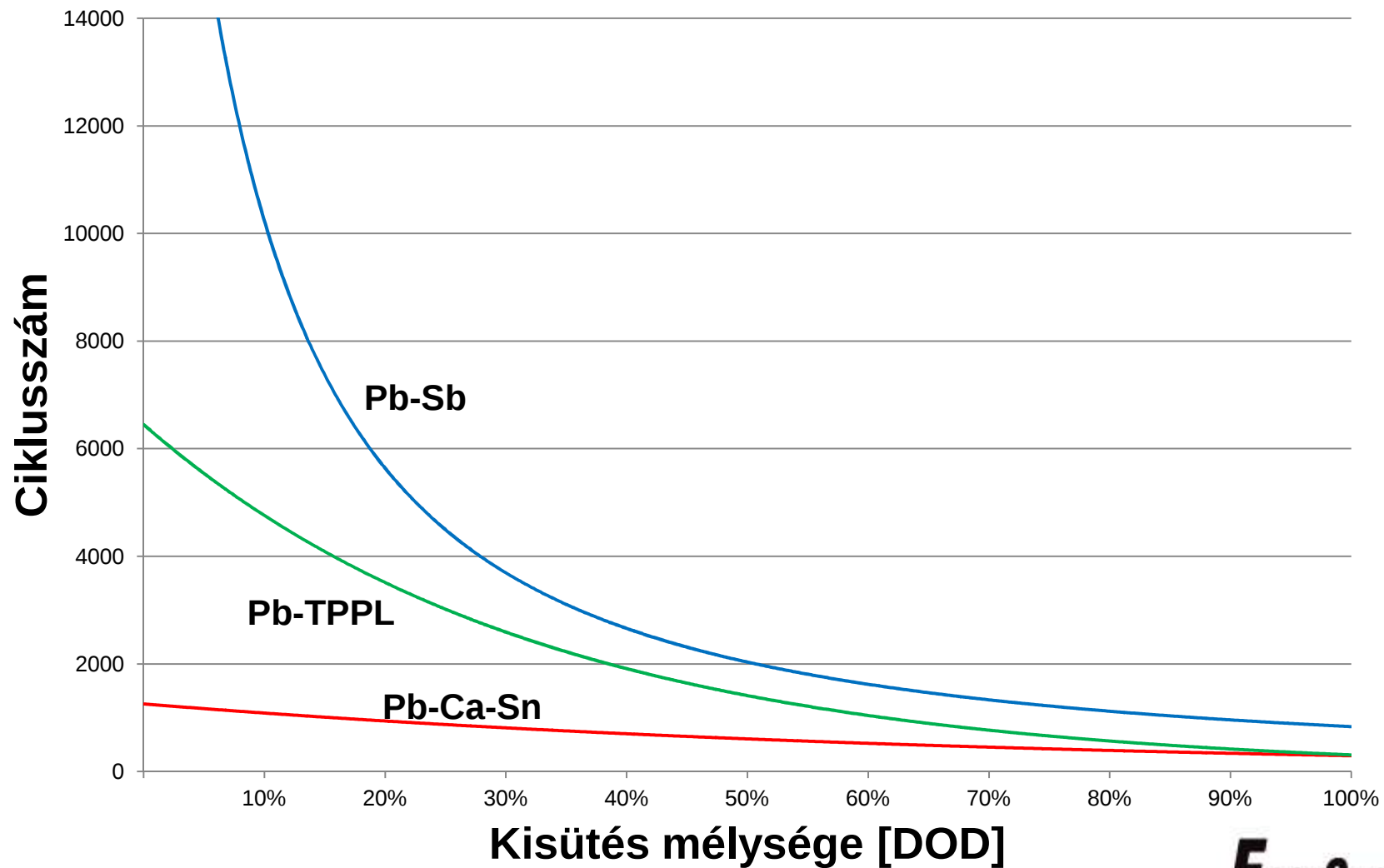
Élettartam I. - időtállóság

Várható élettartam a hőmérséklet függvényében

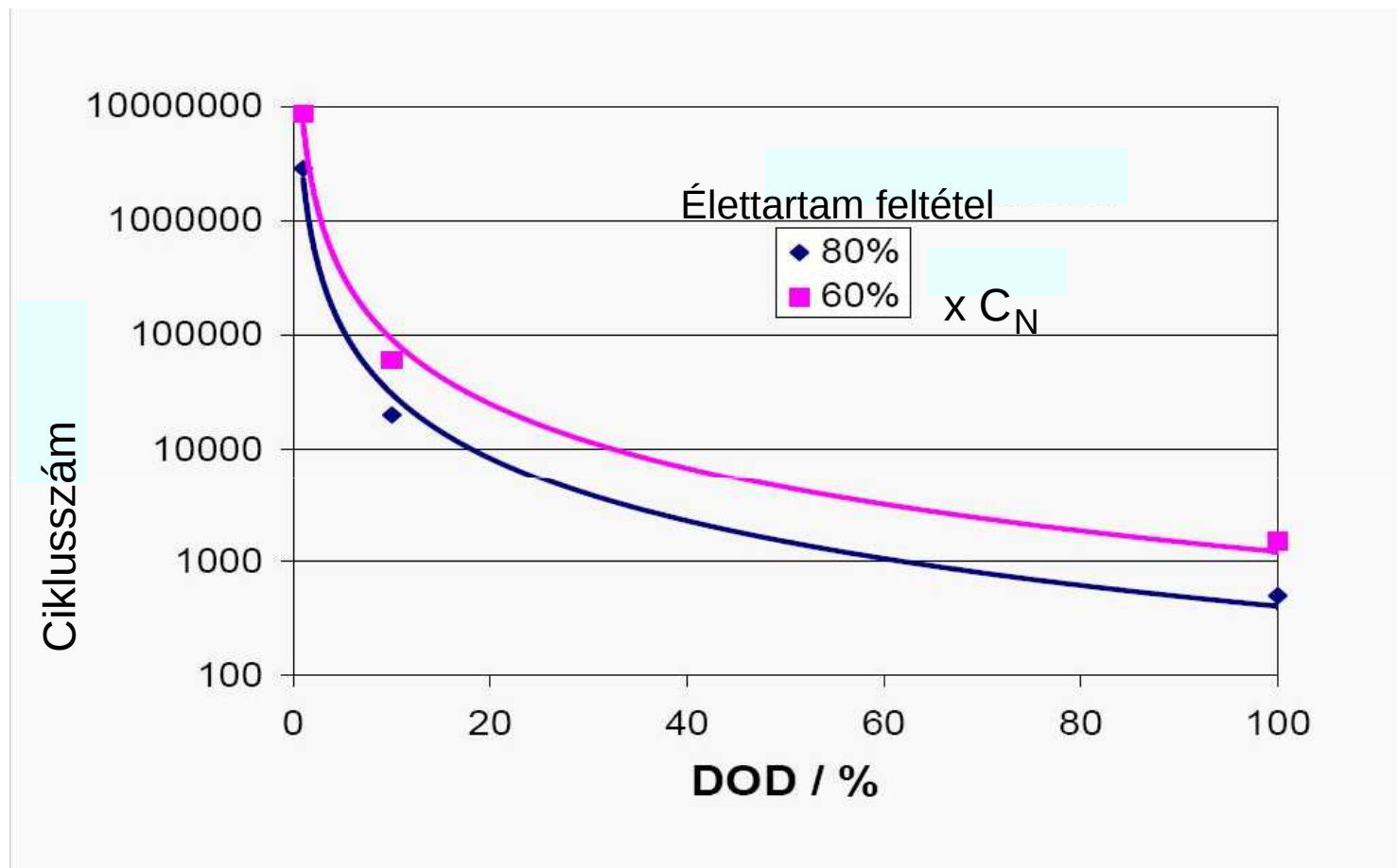


Élettartam II. - Ciklusélettartam

Ciklusállóság - Élettartam



Ciklikus élettartam



Nagy kisütési mélységeknél az ólomakkumulátorokkal azonos a ciklizálhatóság.
Kis DOD esetén lényegesen kedvezőbbek a tulajdonságok.

Mit kell(ene) az áttöréshez?

- **Jobb villamos paraméter(ek), mint a meglévőké**
 - magasabb cellafeszültség (kevesebb cellából lehet akkut építeni)
 - nagy energia sűrűség
 - kisebb belső ellenállás – jobb hatásfok, gyorsabb kisütési és töltési képesség – elektróda anyaga meghatározó
 - kisebb önkisülés – alkalmazott kémiai technológia, korrózió
 - mérsékeltebb hőmérséklet hatás a villamos paraméterekre
- **Kedvezőbb mechanikai paraméterek**
 - kisebb tömeg azonos kapacitás esetén (könnyebb)
 - kisebb méret azonos kapacitás esetén (kisebb)
 - kedvezőbb cellaforma, jobb helykihasználás (cilinderes, prizmatikus)
- **Biztonságosabb üzemeltetés**
 - tipikus veszélyforrások kiiktatása – durranógáz képződés, rövidzár kialakulás, korróziós jelenségek
 - környezetbarát, környezetre veszélytelen anyagok használata (pl. Pb, Cd és elektrolitok kiiktatása), havária esetén sincs veszély
 - nem megengedett üzemállapotok kizárása pl. mélykisütés, túltöltés
 - karbantartás mentesség
- **Hosszabb élettartam (években és/vagy ciklusszámban)**
- **Kedvezőbb ár – beszerzési és üzemeltetési költség**

A photograph of a modern building at night. The building features a prominent red facade on the right side and a lighter, stone-like facade on the left. A large, illuminated staircase is visible on the red section. The building is lit up with various lights, including spotlights and ambient lighting. A small tree stands in the foreground. The text "Köszönöm a figyelmet" is overlaid in the center.

Köszönöm a figyelmet