

## **Bónusz János**

### **Energiatárolók, üzemanyag cellák**

Az energiatárolás korunk egyik nagy kihívása. Szerzőnk célja az akkumulátorokról a meglévő szakirodalom felhasználásával a fő jellemzőik és esetleges veszélyforrásaik, előnyeik illetve hátrányaik ismertetése.

### **Elektrokémiai áramforrások**

Az akkumulátor energiatároló berendezés, amely töltéskor a bevezetett villamos energiát vegyi energiává alakítja át, vegyi energia formájában huzamosabb ideig tárolni tudja, majd kisütéskor villamos energiává alakítja vissza. Az elemek lemerülés után nem tölthetők újra. A rohamosan fejlődő elektronika mögött igencsak lemaradtak az akkumulátorok. A mai, több ezerszeres gyorsaságú noteszgépeket majdnem ugyanakkora méretű telepek táplálják, mint 10 évvel ezelőtti társaikat.

Az akkumulátorok fejlesztésénél az a cél hogy minél nagyobb kapacitás (energiasűrűség) mellett minél kisebb legyen a méret és tömeg.

Óriási fejlődésen ment keresztül például a lítium-ion akkumulátorok kifejlesztése. Sokféle akkumulátor van, mindegyiknek megvan a maga előnye és hátránya, így minden alkalmazáshoz egyedileg kell az akkumulátort kiválasztani. Nagyon jó, ha nagy az akkumulátor kapacitása. Lényeges az akkumulátor élettartama, amit az újratöltések számával szokás megadni. Ezt nem úgy kell érteni, hogy az 1000. töltésnél még tökéletes az akku, az 1001. után pedig eldobhatjuk hanem, hogy a folyamatosan csökkenő kapacitás mellett mennyi idő múlva éri el a kb. 80%-os szintet.

### **A primér cellák( elemek)**

Az azonos áramot leadni képes elemek sorba köthetőek, így elérhető egy adott feszültség, de nem köthetők párhuzamosan, mert eltérő adatok esetén az egyik cella a másikat tölti.

### **A szárazelemek legismertebb típusai**



#### ***Leclanche vagy szén-cink szárazelem***

Cellafeszültségük 1.5 V.

Cink anódot, mangán-dioxid katódot és semleges fémoxidban felitatott ammónium-klorid vagy cink-klorid elektrolit gélt tartalmaz. Napjainkban sűrűn használt áramforrás.

### ***Cink-szén elemek***

Cellafeszültségük 1,5 V. Az öregedésük során kapacitásuk 15%-át veszítik el évente. A lemerült elemeket soha ne hagyjuk a berendezésben, mert erős maró hatású anyagok folyhatnak ki belőlük, komoly károkat okozva. A lemerülő félben lévő elem pihentetésével lehet valamennyire segíteni, folyamatos használat során gyorsabb a lemerülés folyamata.

### ***Alkáli / mangán elemek***

Felépítésük hasonló mint a szén-cink szárazelem az elektrolitjuk kálium-hidroxid vizes oldata gél formában. Elektronikus eszközök tartós elemei. Cellafeszültségük 1,5 V háromszoros kapacitás mellett, és az öregedés során évente 7%-ot vesztenek a kapacitásból.

### ***Higany (higany-oxid) elemek***

A higanyos elemek cellafeszültsége 1,4 V, 6-8 -szor nagyobb kapacitással rendelkeznek, mint a hivatkozási alapként használt cink-szén elemek. Évente 6%-ot vesztenek kapacitásukból. A biztonságos megsemmisítésük, tárolásuk körül kialakult problémák miatt egyre kevésbé használnak ilyen elemeket.

### ***Ezüstoxid elemek***

Leginkább gombelemekként ismertek. Cellafeszültségük 1,5 V. A kapacitásuk kb. háromszor nagyobb, mint cink-szén elemek kapacitása. A kapacitásuk 4%-át veszítik el évente.

### ***Lítium - mangándioxid elemek***

Magas energiasűrűségű elemek. Cella feszültségük 3 V. Kapacitásuk a megközelíti a higanyos elemekét, évente 2%-ot vesztenek a kapacitásukból.

A primer cellák nem tölthetők nincs durranógáz képződés.

## **Akkumulátorok (szekunder cellák)**

Az elemekkel szemben nem végleges a lemerülésük, megfelelő eszközökkel újratölthetőek. A fedélzeti elektromos eszközök áramellátására vagy beépítve autó, a hajó, targonca elektromos rendszerében akkumulátorokat vagy akkumulátorcsoportokat használnak.

Az akkumulátorok feltöltést követően újra képessé válnak áram leadására. A soros vagy párhuzamosan kapcsolva, az akkumulátorok csoportba foglalva szinte bármilyen feszültségű és kapacitású csoportot létre tudnak hozni. A soros vagy párhuzamos kapcsolást csak azonos fizikai és kémiai jellemzőkkel rendelkező akkumulátorokkal szabad összekötni ha mindegyik akkumulátor jó állapotban van. A rossz akkumulátor ugyanis biztosan el fogja rontani a vele kapcsolásban lévő jót.

### ***Folyadékos akkumulátorok***

Az akkumulátor csak egyenfeszültség tárolására, szolgáltatására alkalmas. Az akkumulátorra fogyasztót kapcsolva az akkumulátor úgy működik, mint egy galvánelem; a töltés szétválasztó folyamat közben elektródáinak anyaga átalakul. Amikor ez a folyamat teljesen végbement, az akkumulátor kisütött állapotba kerül, a kezdeti feszültségértéke lecsökken. A töltés során a kapcsaira adott feszültség hatására töltőáram keletkezik, ilyenkor az akkumulátor mint fogyasztó energiát vesz fel. A folyamat végére az akkumulátor feltöltődik, és ismét képes energiát szolgáltatni. Az akkumulátor kapocsfeszültsége a kisütés során folyamatosan csökken, a töltés során folyamatosan nő. Ha kisütés közben kapocsfeszültsége a – típusától függő – érték alá esik, az akkumulátor kisült, a kisütést be kell fejezni, mert a további terhelés az akkumulátor károsodását okozhatja. A töltést szintén be kell fejezni, amikor a kapocsfeszültség a töltésre megadott értéket eléri. A túltöltés ugyanúgy tönkretelheti az akkumulátort, mint a megengedettnél nagyobb kisütés.

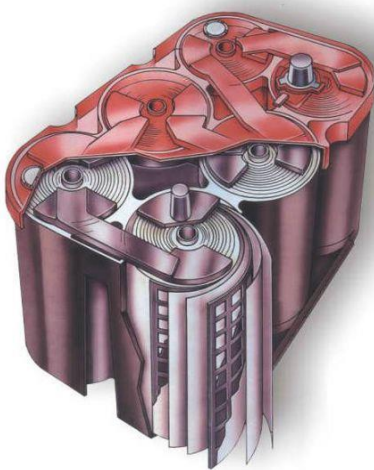
### ***Savas ólom akkumulátorok***

Az ólom akkumulátorok cellái elektrolitba merülő ólomlemezekből, ólom-oxidból, továbbá 35%-os kénsav és 65%-os desztillált víz oldatból áll. Ez az oldat az elektrolit. Amikor az akkumulátort savsűrűség-mérővel tesztelik, gyakorlatilag az elektrolitban jelen lévő kénsav sűrűségét mérik, ami a feltöltöttségtől függően változik.

Ezt a típust alkalmazzák leggyakrabban gépkocsik indító áramforrásaként. Az akkumulátor 2 V névleges feszültségű cellákból épül fel. A legtöbb akkumulátor 3 vagy 6 cellából áll, így az 6 vagy 12 V-os lesz. A megfelelő kapacitást az így kialakított cellacsoportok párhuzamos kapcsolásával alakítják ki. Az ilyen akkumulátorok népszerűségüket nagy áramleadó képességüknek köszönhetik.



Egyre több olyan autótípust hoznak forgalomba a gyártók, amelyben a hagyományos folyadékos rendszerű akkumulátor helyett felitatott elektrolittal működő, un. AGM akkumulátor van. Mindkét típus kémiaiag ólom-sav akkumulátor, lényeges különbség a szerkezetük kialakításában van. Ez utóbbinak számos előnye van, magasabb rázásállóság, indító-képesség, balesetkor nem szivárog, hidegben lemerült állapotban sem fagy szét kis méretéhez képest óriási indítóáram, hosszabb élettartam. Hamar népszerűvé vált főleg a nagy indítóáramot igénylő járművek indítására.



AGM akkumulátor felépítése

A hosszabb, üzembiztosabb működés érdekében magasabb töltőfeszültségűek, 14,4-14,8 V-osak, míg a folyadékos akkuk 14,0-14,4 V-al működnek. A cserénél figyelni kell arra, hogy milyen típusú volt az eredeti, gyári akkumulátor. Folyadékos esetén a cseréként beszerelt AGM akku a rendszeres

alultöltés miatt idő előtt elveszti kapacitását, elhasználódik. Az eredeti AGM akkut folyadékosra cserélni nem szabad, mert az AGM-hez tervezett magasabb töltőfeszültség a folyadékos akkut kiforrázza.

### ***Hagyományos savas ólom akkumulátorok***

Az egyes cellák záró dugói kicsavarhatók, így minden cella töltöttségét és állapotát vizsgálni lehet. A cellák állapotának megállapítására az elektrolit töménységének mérése szolgál, minél jobban feltöltött az akkumulátor, annál sűrűbb az elektrolit. A teljesen feltöltött savas ólom akkumulátorokban a sűrűség 1,27 körül, a teljesen lemerült akkumulátorokban 1,16 körül van. (ez a környezeti hőmérséklettől függően változik).

Az elektrolit töménységének mérését minden egyes cella esetén el kell végezni. Ha az eredmények azt mutatják, hogy valamelyik cella jóval alacsonyabb sűrűségű elektrolitot tartalmaz, az annak a jele, hogy ez a cella már nem képes a teljes töltést felvenni, és az akkumulátor az élettartama végéhez közeledik, mert az 1,22 alatti sűrűség azt jelenti, hogy a cellát újra kell tölteni, kapacitása jó részét leadta. Az akkumulátor hőmérséklete nyáron magasabb, ezért az elektrolit hígabb, mint télen. Meglepő, de az akkumulátor nyáron előbb lemerül.

A töltés során az energia egy része vízbontást eredményez, ezért időnként desztillált vízzel újra kell őket tölteni. A cellákat annyira kell feltölteni, hogy az ólomlemezeket teljesen elfedje a folyadék, legalább 5 mm-es elektrolit-réteg legyen a lemezek felett.

### ***Zárt savas ólom akkumulátorok***

Zártak a cellái, a biztonsági szelep túlnyomás lebecsújtású kinyitni tilos ezeket az akkumulátorokat, mert nyomás alatt vannak. ( van olyan típus is amelyiknél az akkumulátor cella teljesen zárt, nincs túlnyomás lebecsújtó szelepe sem) Mivel nem lehet desztillált vízzel utántölteni, ezért gondozásmentes akkumulátorként ismertek. A teljesen feltöltött akkumulátor feszültsége 12,6 V. Az akkumulátor jellegéből adódóan az egyetlen módszer az állapot ellenőrzésére a feszültségmérés. Ha a feszültség 12,4 V alá esik, az akkumulátort tölteni kell.

### ***Zselés akkumulátorok***

A zselés akkumulátorokban az elektrolit zselé formájú, anyagban felitatott hígított kénsav. Töltéséhez főleg a töltési ciklus végén alacsonyabb feszültség kell. Ellenáll a vibrációnak, környezeti hatásoknak, ha felborul nem folyik ki belőlük a sav, jóval hosszabb élettartamot biztosítanak. A zselés akkumulátorok nem szeretnek nagy áramokat leadni, indító akkumulátorként csak az utóbbi idők fejlesztései óta használhatóak.

A zárt savas akkumulátorok kivételével a töltési ciklus végén durranógáz keletkezésével kell számolni. A töltés során a durranógáz keletkezésének mennyisége a feltöltöttségi foktól függ. A lemerült akkumulátornál a töltés során az energia jelentős része a cellákban tárolódik, és csak csekély része okozhat vízbontást. A 80 %-os feltöltöttségi fok után a töltési energia kis része növeli a kapacitást és egyre nagyobb része okoz vízbontást.

### ***Lúgos akkumulátorok***

A lúgos cellák feszültsége 1,2 V. Elektrolitjuk kálium-hidroxid vizes oldata.

Az ólom akkumulátorokkal szemben előnyük a nagyobb a fajlagos energiátároló képességük, hosszabb élettartamúak, üzembe helyezésük egyszerűbb, a túltöltés és az elégtelen töltés, a mélykisütés kevésbé károsító, mechanikai szilárdságuk nagyobb.

Hátrányuk: az elektrolitot évente egyszer ki kell cserélni, mert a levegő széndioxid tartalma az elektrolitot tönkreteszi.

### **Az akkumulátorok típusai**

A legismertebbek a nikkell-kadmium, a nikkell-vas és a cink-ezüst akkumulátorok, de léteznek más elektróda rendszerűek is.

Elektronikus berendezésekben száraz akkumulátor cellákat használnak, melyeket szokás ugyanolyan méretben készíteni mint az elemeket, hogy az elem helyére behelyezhetőek legyenek. Lényeges különbség hogy a használatos akkumulátorcellák (nikkell-kadmium, nikkell-metálhidrid) névleges üresjáratú feszültsége 1,2 V. Az elemek helyett akkucellákat használva a berendezést működtető feszültség kisebb lesz, de ez a legtöbb esetben ez nem okoz problémát.

### ***Nikkell-kadmium***

Elektrolitjuk kálium-hidroxid vizes oldata. Feszültsége 1,2 V.

A hatvanas években jelentek meg az első nikkell-kadmium akkumulátorok. Akkoriban ezek kínálták az egyetlen alternatívát a savas-ólom akkuk mellett. Jó tulajdonságainak köszönhetően az utóbbi évekig szinte minden hordozható számítógépbe, rádiótelefonba és kamerába ezeket az áramforrásokat építették. Mivel a kadmium erősen mérgező, így egyre több gyártó választ más, kevésbé veszélyes akkumulátortípust. Más akkumulátor nem tölthető újra ennyiszor, és nem képes ekkora csúcsteljesítmény leadására.

Hátrányai közül említésre méltó, hogy kicsi az energiasűrűsége, és hajlamos a köznyelvben memória effektusként emlegetett kristályképződésre. A ma használatos NiCd és kis mértékben a NiMH akkumulátorokra jellemző a

memóriaeffektus. Ez abban nyilvánul meg, hogy ha a cellát nem merítik le teljesen, mielőtt feltöltik, energiátároló képessége lecsökken, emlékszik arra, hogy feltöltés előtt nem teljesen merítették le, és eredeti tároló képességét csak akkor nyeri vissza, ha teljesen lemerítik feltöltés előtt.

Ha egy NiCd akkumulátort rendszeresen pontosan ugyanannyira töltünk fel és merítünk le, egy idő múlva kisebb lesz a kapacitása. Ez azonban egyetlen túltöltéssel megszüntethető. A mindennapi életben sokkal nagyobb probléma a kristályképződés, pontosabban az, hogy az akkumulátor aktív részecskéi, ha sokáig nem mozgatják meg őket, hajlamosak nagyobb kristályokba összeállni, ami csökkenti a kapacitást. Szélsőséges esetben tönkre is teheti a cellát, mivel a kristály kiszúrhatja az elválasztó membrán falát.

A kristályok kialakulása ellen az a leghatékonyabb védekezés, ha havonta egyszer teljesen lemerítjük az akkumulátort. Ennél gyakrabban nem kell, ugyanis ez is csökkenti az akku élettartamát. A teljes lemerítés azt jelenti, hogy addig használjuk, amíg a telefon vagy noteszgép ki nem kapcsol.

Hasonló eredményre vezet, ha sokáig folyamatosan töltjük az akkumulátort, ugyanis ilyenkor pártized voltal csökken a feszültsége.



Élettartama körülbelül 2000 töltési ciklus. Gyorsan tölthető.

A töltést kb. egy hónap alatt fogyasztás nélkül is elveszti.

Zárt kivitelben különböző elektronikus eszközök: hordozható rádiók és magnetofonok, villanólámpák, mobiltelefonok stb. áramforrásként használják.

### ***Nikkel metál-hidrid akkumulátorok***



Elektrolitjuk kálium-hidroxid vizes oldata. Feszültsége 1,2 V.

Az elmúlt néhány évben a legtöbb kis méretű áramforrást igénylő területen a nikkel metál-hidrid technológia vette át a NiCd akkumulátorok helyét.

Ezekben az akkukban a pozitív oldalon a NiCd akkukhoz hasonlóan nikkelt találunk, a negatív oldalon viszont egy speciális hidrogén-megkötő fémötvözet veszi át a kadmium helyét. Töltéskor ez a fémötvözet megköti az elektrolit hidrogénjét, kisütéskor pedig leadja azt.

A kifejlesztett NiMH akkuk azonos méret mellett 10-40%-kal nagyobb kapacitásra képesek NiCd társaiknál, és sokkal kevésbé hajlamosak a kristályképződésre.

Elektromos autók, mobiltelefonok áramforrásoként is használhatók.

## Lítium akkumulátorok

### *Lítium-ion akkumulátorok*



Az akkumulátorok legfiatalabb generációjába tartoznak.

Anód: szénvegyület, grafit

Katód: lítium-oxid

Elektrolit:  $\text{LiPF}_6$ , vagy újabban a kevésbé korrodáló  $\text{LiBF}_4$ , általában folyékony, szerves oldat formájában.

Az anódot és a katódot szerves elektrolit választja el egymástól.

Ezek nagyon modern akkumulátorok, kapacitásuk azonos méret mellett kétszerese a NiMh akkumulátorokénak. A legfiatalabb generációba tartozik a lítium-ion technológia. Nevét onnan kapta, hogy a töltés tárolásáról lítium-ionok gondoskodnak, amelyek töltéskor a negatív, szén alapú elektródához, kisütéskor pedig a pozitív fémoxid elektródához vándorolnak. Először a nyolcvanas években sikerült ilyen akkumulátorokat előállítani. Ezek még fémes lítiumot tartalmaztak, ami alkáli fém, ezért kisebb üzemzavar hatására is hajlamos volt villámsebességgel felforrósodni, és ez az akku felrobbanásához vagy elolvadásához vezetett.

A ma kapható lítium-ion akkumulátoraiban különféle vegyületeket használnak, melyekben megfelelően biztonságosan kötött a lítium.

Nagyon sok típus létezik, különböző elektrokémiai reakciókkal (folyékony katódos, szilárd katódos, szilárd elektrolitos, lítium-ion, lítium-polimer).

Elektronikus eszközök, mobiltelefonok áramforrásoként használhatók.

Léteznek közel 4 V feszültségű lítium cellák.



A lítium akkumulátoroknak számos előnyük van:

- magas az energiasűrűségük a nikkel-kadmium akkumulátorok kétszerese,
- nem vesztek el a töltést, mint a nikkel-kadmium akkumulátorok
- a cellafeszültségük feltöltve 4 V, még a kimerült cella is képes 3 V körüli feszültséget szolgáltatni, ezért egyetlen cella képes ellátni egy mobiltelefont.
- kis súlyúak
- nem képződnek kristályok az akkumulátorban
- a Li-ion akkumulátorok nem is szeretik igazán, ha teljesen lemerítik
- a NiMH akkumulátorokhoz hasonlóan kevés mérgező anyagot tartalmaznak
- a Li-ion akkumulátor a NiMH akkumulátoroknál is gondosabb és hosszabb feltöltést igényel.

### ***Folyékony katódos lítium akkumulátorok***

#### **Lítium-kén-dioxid**

Üzemi feszültsége 3 V. Katód: Porózus szerkezetű szén

Elektrolit: acetonitril oldószeres lítium-bromid oldat.

Porózus polipropilén az elválasztó.

Elsősorban katonai célokra, magas költségei miatt.

#### **Lítium-tionil-klorid**

Üzemi feszültsége 3,3 – 3,5 V. Katód: Porózus szerkezetű szén és tionil-klorid az aktív katód anyag

Elektrolit: lítium-alumínium-klorid

Ennek a rendszernek az energia sűrűsége magas

A kisebb kapacitású akkumulátorok számítógépes háttértárolók feszültség ellátására, a nagyobb kapacitásúakat katonai célokra.

### ***Szilárd katódos lítium akkumulátorok***

#### **Lítium - Mangán-dioxid**

Üzemi feszültsége 3 V. Katód: hőkezelt mangán-dioxid

Elektrolit: propilén-karbonát és 1,2-dimetoil-etán

## Lítium-polikarbon-monofluorid

Ezeknek a celláknak a feszültsége 3,0 V és nagy az energia sűrűsége

Katód: karbon-monofluorid amelyben fluor épül be a grafit kristályrácsába.

Elektrolit: lítium-tetrafluoro-borát propilén-karbonátban és dimetoxi-etánban oldva.

Hosszú az élettartama kb. 7 év és alacsony a vesztesége.

Órákban, számológépekben és memóriákban.

## Szilárd elektrolitos lítium akkumulátorok

### Lítium-jodid



Anód: lítium

Katód: poli-2-vinil-piridin

Elektrolit: szilárd lítium-jodid

Nagyon hosszú élettartamuk miatt pacemakerekben.

### Lítium-polimer akkumulátorok

A Li-ion akkumulátorok utódja, előnye, hogy nem vagy csak nagyon kis mennyiségben tartalmaz folyékony elektrolitot, speciális szilárd polimer választja el az anódot és a katódot. Ez nagyon vékony és nagyon rugalmas cellákat eredményez, mivel nem kell védekezni a folyadék kifolyása ellen. Cserébe várhatóan még rövidebb élettartammal és még hosszabb töltési idővel kell számolnunk. Az is elképzelhető, hogy egy szabadon hajtogatható lapocska lesz a jövő akkumulátora, amit ízlés szerint betömökhetünk a rendelkezésre álló nyílásba.

Elektronikus eszközök, mobiltelefonok áramforrásai.

### Lithium - Ion (LFP) elektromos jármű akkumulátor

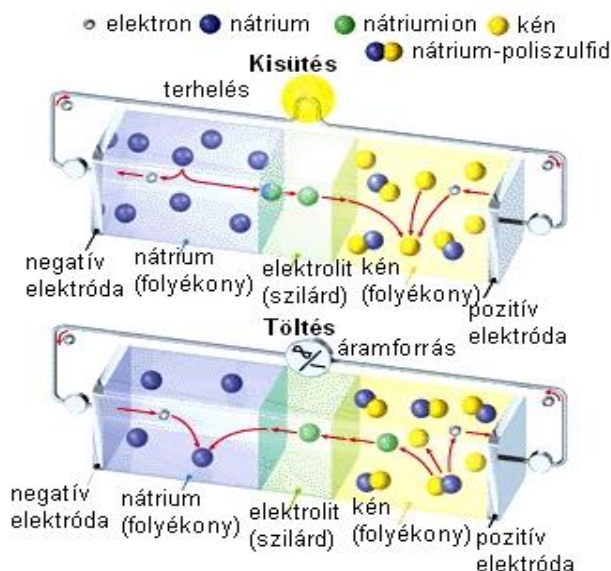


cella feszültség: 2.5V~4.25V  
elektromos robotokba, quadokba, autókba használják

## Cink-levegő

Fejlesztés alatt áll a cink-levegő akkumulátor technológia ami a többi akkutípussal szemben nem zárt: működéséhez folyamatos levegő-utánpótlásra van szükség, mert kisüléskor oxigént köt meg, töltéskor pedig oxigént bocsát ki. A hatékony működéshez minél nagyobb cellafelületre van szükség, így inkább könnyűek lesznek ezek az egységek, mintsem aprók. A Li-polimerhez hasonlóan a hosszú töltési idő és rövid élettartam jellemzi.

## - Nátrium-kén akkumulátorok



Feszültség: 1,35 V elektrolitjuk szilád, ionvezető kerámia.

Elektrolit: kálium-hidroxid

Anód: Különböző fémek ötvöze pl. vanádium, cirkónium, króm, nikkel, kobalt, titán, vas

Katód: Nikkel-oxid-hidroxid

A fémek nem vesznek részt a nikkel-metal-hidrid akkumulátorok kémiai reakcióiban, csak a hidrogén tárolására szolgálnak.

Jó az energiatároló sűrűségük és nem tartalmaznak mérgező kadmiumot.

## Speciális elektrokémiai áramforrások egyik változata.

A nátrium kén vegyület kezdetben  $\text{Na}_2\text{S}_5$  és azután további polyszulfidokká alakul kisebb kén tartalommal.



Feszültség: 2,076

V

Elektrolit: szilád alumínium-oxid tartalmú ionvezető kerámia.

Anód: folyékony nátrium

Katód: folyékony kén

Számos előnyös tulajdonságuk van:

Nem vesztek el töltésüket, mint a nikkell-kadmium akkumulátorok.

Nagy a kapacitásuk és kb. egyharmad méretűek, mint az ólomakkumulátorok.

Élettartamuk hosszú kb. 15 év, illetve kb. 2500 töltési/kisütési ciklus.

Hátrányos tulajdonságok:

A nátrium és a kén 290 - 390°C között folyékony.

Nagyon veszélyesek, mert a folyékony nátrium rendkívül reakcióképes, vízzel levegővel gyulladást és robbanást és égési sérüléseket is okoz, ha a nátriumot és ként elválasztó kerámia eltörik.

Különböző elektronikus eszközök mobiltelefonok, laptopok, elektromos autók áramforrásaként használatos.

### Megjegyzés

Ha az elhasznált elemet vagy az akkumulátort ki kell dobni, sose dobjuk a szemetesbe az gondoskodjunk szakszerű gyűjtésükről, mivel a legtöbb akkumulátor tartalmaz a környezetre káros, mérgező anyagot.

A zárt lúgos akkumulátorok kivételével a vizes elektrolitot tartalmazó akkumulátoroknál a töltési ciklus végén durranógáz keletkezésével kell számolni.

# **Különleges akkumulátorok**

## ***Szilikon vegyületű elektromos jármű akkumulátor***

A szilikon akkumulátorok előnyös tulajdonságai:

- az elektrolit szilikát, alkáli fém só és ez nem környezet szennyező anyag
- nem korrodálnak az akku lemezei, nincs szulfátosodás és nem keletkezik szigetelő réteg sem
- magas indítási áramok, akár a kapacitás 30-szorosa
- nagy energia elnyelő képessége miatt gyorsan tölthető
- megengedett cellafeszültség mély kisütés esetén: 1.2-1.8V
- alacsony belső ellenállás
- töltés mentesen tárolható: 6 hónaptól 2 évig
- nincs memória effektus alacsony feszültségtartományban sem
- minimális önkisülés
- 10 évig károsodás nélkül tárolható évenkénti egyszeri töltés mellett
- -40°C-tól + 60°C-ig minden nehézség nélkül használható
- hosszú élettartam és több mint 400 mélykisütést bír ki károsodás nélkül
- nincs sav-köd képződés és nem robbanásveszélyes
- 100%-ig gondozásmentes

## ***Papír akkumulátorok***

Amerikai kutatók olyan akkumulátort fejlesztettek ki, amely egymásra helyezett papírlapokból áll. A lapokban karbon nanocsövek helyezkednek el, amelyek éppen csak elérik az egymilliomod centiméter vastagságot. A papírba épített nanocsövek elektródaként viselkednek, ha a papírdarabot ionos folyadékba merítik. A kutatók a papírákkumulátor pozitívumai között említik kis helyigénye mellett a rugalmasságát, hatékonyságát, és azt, hogy a hagyományos akkumulátorokkal szemben egy elemből áll. Extrém hőmérsékleti körülmények között is működőképes. A papírákkumulátort akár az emberi testen belül is fel lehet használni: pacemakerek energiaellátását oldhatja meg az új találmány, ahol az emberi vér szolgálna elektrolitként.

## ***Testmelegből táplálkozó akkumulátorok***

A német kutatók olyan áramköröket fejlesztettek ki, amelyek a test melegét alakítják át elektromos árammá. A termo elektrikus generátorok a hideg és meleg környezet hőmérséklet különbségéből nyernek energiát. A kifejlesztett szerkezet a testmeleg és a testet körülvevő levegő pár fokos különbségéből képes energiát termelni. Az ilyen generátorok általában igen kis teljesítményűek, és pár száz milivoltot képesek csak előállítani, ezért olyan áramköröket fejlesztettek ki, amelyek 200 milivolttal is működnek.

A termoelektrikus generátorok alkalmazási lehetőségei ugyancsak széles körűek lehetnek, mobiltelefonok vagy MP3-lejátszók feltöltése mellett az egészségügy terén is jó szolgálatot tehetnek az olyan készülékek működtetésében, amelyek nem nagy energiaigényűek.

Brit kutatók olyan generátort fejlesztettek ki, amelyek egy fogaskerék segítségével átalakítják a szívverés okozta vibrációt megfelelő mozgási energiává, amelyből aztán elektromos áramot termel a kis generátor.

### ***Üzemanyagcellák***

Nem akkumulátorok, működésük elve hasonló, elektrokémiai áramforrások. Az üzemanyagcellák vegyi reakciókkal közvetlenül elektromosságot állítanak elő, a különbség az, hogy míg az elemeket lemerülés után el kell dobni, az üzemanyagcella mindaddig üzemel, amíg üzemanyagot töltünk bele.

### **Tüzelőanyag elemek típusai, alkalmazási lehetőségeik**

Sokféle tüzelőanyag-cellát fejlesztettek ki, megkülönböztethetünk közönséges hőmérsékleten és nagy hőmérsékleten működőket. Az előbbiek könnyen elviselnek sok be- és kikapcsolást, ez előnyös például gépjárműveknél, míg az utóbbiak inkább folyamatos üzemben, erőművekben hasznosíthatók. A tüzelőanyag fajtáját, az elektrolit és más komponensek minőségét, valamint a felépítésüket tekintve jelenleg számos, különböző tüzelőanyag-cella van forgalomban. Az úgynevezett PEM, a polimer elektrolit membránt alkalmazó üzemanyag-cellák, amelyek szobahőmérsékleten képesek működni.

#### ***Az üzemanyagcellák sajátosságuk alapján rendszerezhetők:***

1. a működési hőmérséklet korlátai szerint
2. az üzemanyag típusa alapján
3. az elektrolit fajtája alapján.

üzemanyagcella típusa	elektrolit	működési hőmérséklet	üzemanyag	felhasználási terület
<b>AFC</b> alkáli elektrolitos cella	30% kálium- hidroxid oldat, gél	80 °C	- tiszta H <sub>2</sub> - O <sub>2</sub>	- járműipar - hadiipar
<b>PEMFC</b> membránú cella	protonátesztő membrán	80 °C	- tiszta H <sub>2</sub> - O <sub>2</sub> - levegő	- blokkfűtő erőmű - járműipar - hadiipar
<b>DMFC</b> direkt metanol membrán	protonátesztő membrán	80 °C -130 °C	- metanol, - O <sub>2</sub> - levegő	- mobiltelefon - laptop áramforrása
<b>PAFC</b> foszforsavas cella	tömény foszforsav	200 °C	- tiszta H <sub>2</sub> - O <sub>2</sub> - levegő	- blokkfűtő erőmű - áramforrás
<b>MCFC</b> alkáli-karbonátos cella	lítium- karbonát, kálium- karbonát	650 °C	- H <sub>2</sub> - földgáz - széngáz - biogáz - levegő - O <sub>2</sub>	- gőzturbinás blokkfűtő erőmű - áramforrás
<b>SOFC</b> oxidkerámia cella	yttrium-cirkon oxidkerámia	800 °C - 1000 °C	- H <sub>2</sub> - földgáz - széngáz - biogáz - levegő - O <sub>2</sub>	gőzturbinás blokkfűtő erőmű -áramforrás

### ***Regeneratív tüzelőanyag- elemek***

A regeneratív tüzelőanyag-cella (Regenerative Fuel Cell - RFC) olyan rendszer, amely folyamatosan tud működni. Az olyan tüzelőanyag-cellák, amelyek energiát, hőt és vizet képesek előállítani oxigénből és hidrogénből rendkívül széles körben felhasználhatók.

A hidrogén és oxigén előállításának egyik legkézenfekvőbb módja a vízbontás a megújuló energiaforrások segítségével. Egy ilyen rendszer nem igényel speciális tüzelőanyag-cellákat, azonban működéséhez olyan infrastruktúrára lenne szükség, amely a hidrogént a felhasználás helyéhez juttatja.

### **Tüzelőanyag elem felhasználása erőműben**

Nagyon hasznosak különböző elektromos berendezések, úrajmúvek, meteorológiai állomások vagy katonai létesítmények, eszközök működtetéséhez. Előnyük, hogy könnyűek és nem tartalmaznak mozgó alkatrészt. Mivel nincs bennük mozgó alkatrész, és működésük során nem történik klasszikus értelemben vett égés, ezért megbízhatóak.

Az egyik legújabb hasznosítási módjukat az ún. kogenerációs erőművek jelentik, melyek a hő- és a villamosenergia-termelést ugyanabban a berendezésben, ugyanaból az energiaforrásból végzik. Képesek ellátni családi házak, irodaházak, gyárak energia, fűtés illetve meleg víz szükségletét. A legnépszerűbb felhasználási terület a közlekedés. Az első működő tüzelőanyag-cellás hajó a HYDRA.

## **Tüzelőanyag elem felhasználása a hajózásban, a tengeralattjárókban**

A tüzelőanyag-cellák nem csak a szárazföldön, hanem a vízben és a víz alatt is használhatók energiaforrásként.

A hajóba alkáli elektrolitos cella kerül, mivel ez nem érzékeny a sós környezetre és fagypontra is képes elindulni. A tengeralattjáró fejlesztések egy része a minél nagyobb teljesítményű akkumulátorok megalkotását tűzte ki célul, azonban sokkal valószínűbb, hogy a jövőt a levegő független erőforrások jelentik. A tengeralattjáróknak a víz alatt akkumulátorok és elektromotor biztosítja a meghajtást, azonban az akkumulátorok feltöltésére a víz alatt is van lehetőség. Az egyik legelterjedtebb megoldás a tüzelőanyag cellák használata.

A közlekedésben használt tüzelőanyag-cellák a levegőben is képesek megállni a helyüket. A légi közlekedés szempontjából a legnagyobb előnyeik, hogy nincs vagy csak nagyon alacsony a káros anyag kibocsátásuk illetve nagyon halk a működésük. További előnyeik hadászati szempontból, hogy relatív alacsony a működési hőmérsékletük és viszonylag nagy repülési magasságokat képesek elérni.

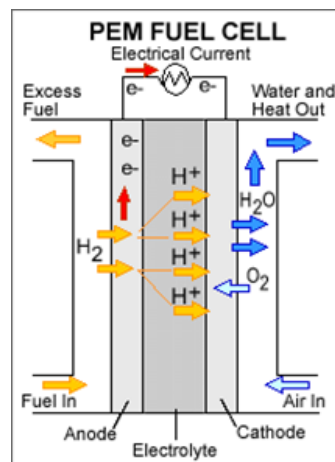
A legfontosabb tüzelőanyag elem típusok:  
a membrános típust, a foszforsavasat, a nagy hőmérsékletű megoldásokat ismerjük.

### **PEMFC (Proton Exchange Membrane Fuel Cell)**

Az elektród anyaga ezekben a cellákban szilárd polimer membrán, melynek jellegzetessége, hogy nedves állapotban a protonokat átveszi, azonban az elektronokat nem. Az anódon a beáramló hidrogén szétesik protonokra és elektronokra. A protonok a membránon keresztül haladnak a katód felé az elektronok pedig egy külső áramkörön keresztül érik el azt, miközben elektromos energia keletkezik. A katódra érkező elektron az ott beáramló oxigénnel és a membránból érkező hidrogén ionokkal egyesül és víz keletkezik. A többi típusú tüzelőanyag-cellával összehasonlítva sokkal jobb energiasűrűséggel rendelkezik. Egyik jellegzetessége, hogy a működési hőmérséklete a membrán anyagától nagy mértékben függ. Az egyik



leggyakrabban használt anyag a Nafion® esetében alacsonyabb a működési hőmérséklet, míg Poly-Benz-Imidazole membrán esetén magasabb, akár a 200 °C -t is meghaladhatja.



az elektrolit típusa: protonáteresztő membrán  
működési hőmérséklet: 70 °C – 220 °C

***Előnyei:***

- hatékony
- a szilárd elektrolit miatt nem érzékeny a gravitációra
- gyors indulás
- hosszú élettartam

***Hátrányai:***

- körülményes szabályozás (az elektrolitot nedvesíteni kell)
- alacsony működési hőmérséklet miatt kicsi a hőhasznosítás hatásfoka

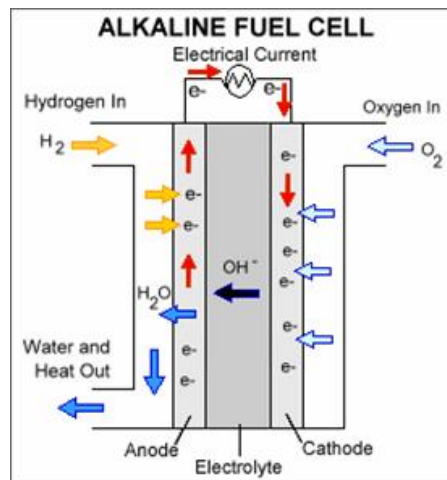
***Felhasználási területek:***

- járműipar
- hadiipar
- hordozható áramforrások
- erőművek

**AFC (Alkaline Fuel Cell)**

Az AFC cellák képviselik a leginkább kidolgozott technológiát az tüzelőanyag-cellák között. Az úrjárművek fedélzetén ilyenek biztosították a fedélzeti eszközök működéséhez szükséges áramot valamint az ivóvizet is. Az alkáli elektrolitos cellák esetében a töltéshordozó részecske a hidroxil ion ami a katódtól az anód felé halad ahol reakcióba lép a hidrogénnel amiből víz és elektron keletkezik. A Foszforsavas cellák kerültek elsőként forgalomba a tüzelőanyag cellák közül. Más tüzelőanyag cellákhoz képest jóval stabilabb viselkedésű és nagyobb teljesítményű. E cellákban az elektrolit foszforsav.

A foszforsav ionos vezetése alacsony hőmérsékletek mellett rossz, ezért a működési hőmérsékletük gyakran a 200°C-t is meghaladhatja.



elektrolit típusa: tömény folyékony foszforsav  
működési hőmérséklet: 150°C-220°C

#### ***Előnyei:***

- a működési hőmérséklet hatékony hő hasznosításra ad lehetőséget
- érzéketlen a szén-dioxidra és a szén-monoxidra
- hosszú élettartam
- stabilitás
- egyszerű felépítés

#### ***Hátrányai:***

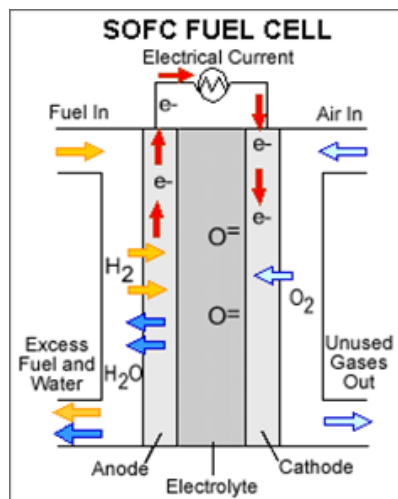
- nagy méret
- platina katalizátor szükséges
- nehezen indítható

#### ***Felhasználási területek:***

- épületek energiaellátása
- erőművek
- hadiipar

### **SOFC (Solid Oxide Fuel Cell)**

A SOFC cellák a legmagasabb üzemi hőmérsékletű cellák. Az elektrolit vékony kerámia (szilárd oxid) réteg, mely magas hőmérsékleten vezeti az oxigén ionokat. A töltéshordozó oxigén ionok a katódon keletkeznek oxigén molekulákból, elektronok felhasználásával. Az anódon pedig hidrogénnel egyesülve szabadulnak fel ismét az elektronok, melyek egy külső áramkörön keresztül áramot és hőenergiát termelve jutnak el a katódhoz.



elektrolit típusa: szilárd cirkónium-oxid  
 működési hőmérséklet: 600°C-1100°C

**Előnyei:**

- magas elektromos hatásfok
- gőzturbinával akár 70% fölé is növelhető a hatásfok
- a magas hőmérséklet miatt nem érzékeny az üzemanyag minőségére

**Hátrányai:**

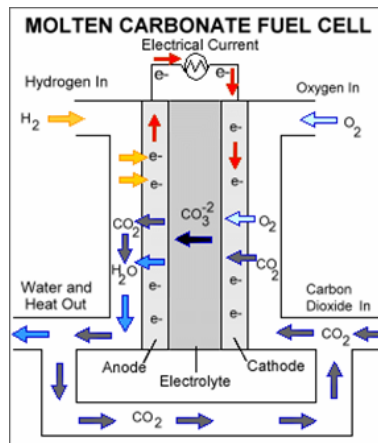
- lassú indulás
- lassú reagálás az áramigények megváltozására
- az extrém hőmérsékletek miatt drága

**Felhasználási területek:**

- erőművek
- ipari felhasználás

**MCFC (Molten Carbonate Fuel Cell)**

Az olvadt karbonátos cella a magas üzemi hőmérsékletű, közvetlenül földgázzal is működtethető. Az ilyen cellák a többitől eltérő módon működnek. Elektrolitként olvadt karbonát sót tartalmaz, általában két karbonát keverékből áll, lítium-karbonát és kálium-karbonát és nátrium-karbonát keveréke. A magas üzemi hőmérséklet ahhoz szükséges, hogy az elektrolit megolvadjon és a megfelelő ionáteresztő képességet érjen el. Az elektrolit, olvadása után vezeti a karbonát ionokat. Ezek az ionok a katódtól az anód felé haladnak, ahol hidrogénnel egyesülve víz, szén-dioxid és elektron keletkezik. Az elektron pedig egy külső áramkörön keresztül áramot és hőt termelve érkezik vissza a katódra.



Elektrolit típusa: olvadt lítium-, nátrium- és kálium-karbonát  
 Működési hőmérséklet: 600°C felett

### ***Előnyei:***

- a magas működési hőmérséklet miatt nincs szükség üzemanyag reformerre
- a magas működési hőmérséklet hatékony hő hasznosításra ad lehetőséget
- olcsó alapanyagok
- a 650°C működési hőmérsékletből adódóan a reformer folyamathoz szükséges hő és hőmérsékletet a tüzelő anyag-cella saját maga megtermeli, a hő- hasznosítás a berendezésen belül megvalósul
- a működési hőmérsékletből adódóan a berendezés hagyományos anyagokra épül, mesterségesen előállított kerámiák alkalmazása nem szükséges
- a kilépő füstgáz hőmérséklete 400°C, optimális hő hasznosítási lehetőséget eredményez
- jelentős, 40-100%-ig terjed a teljesítmény-szabályozás átfogási tartománya, miközben a villamosenergia-termelés hatásfoka nem csökken
- a szennyvíz- és egyéb hulladékkezelési technológiák során felszabaduló depónia- és biogáz gazdaságos és egyben környezetkímélő
- biogáz alkalmazása esetén - a CO<sub>2</sub> jelenléte miatt - a villamosenergia-termelés hatásfoka nő a földgázzal történő üzemvitelhez képest
- alacsony zajszint mellett üzemel
- az eddigi tapasztalatok szerint karbantartást nem igényel

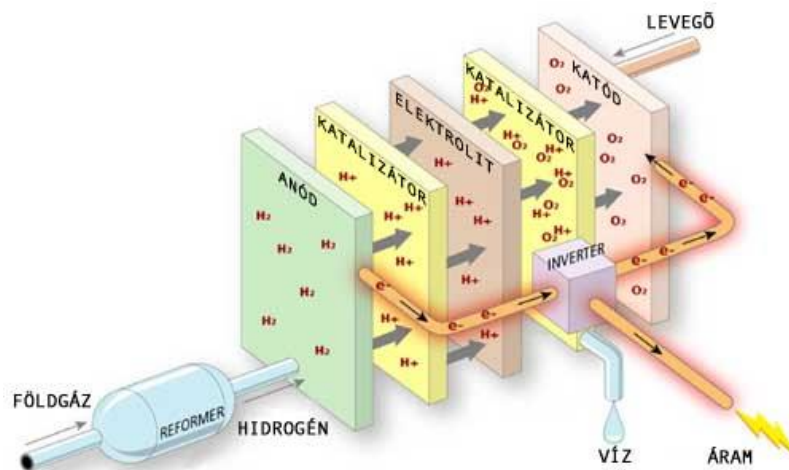
### ***Hátrányai:***

- érzékeny a korrózióra
- lassú indulás
- körülményes a szén-dioxid áramlásának szabályozása

### Felhasználási területek:

- erőművek
- ipari felhasználás

### Hidrogén/oxigén üzemanyagcellák



Az üzemanyag legtöbbször hidrogén, de vannak metánnal és metanollal működő változatok is. A hidrogénből a reakció során víz lesz, a szén vegyületekből széndioxid is képződik.

Az üzemanyag cellának számos előnye van, a legfontosabb, hogy utántölthető. A cella élettartama gyakorlatilag korlátlan, ami környezetvédelmi szempontból fontos. A hidrogén/oxigén üzemanyagcellák tömeges elterjedését nehezíti, hogy nagyobb mennyiségű hidrogén tárolása veszélyes, a hidrogén előállítása energiaigényes. Az üzemanyagcellák az elemekhez hasonlóan vegyi reakciókkal közvetlenül elektromosságot állítanak elő, a különbség az, hogy míg az elemeket kifogytuk után el kell dobni, az üzemanyagcella mindaddig üzemel, amíg üzemanyagot töltünk bele.

A szerkezet alapegysége két elektródából áll, egy elektrolit köré szendvics szerűen préselve

- -az anódon hidrogén, a katódon az oxigén halad át
- katalizátor jelenlétében a hidrogénmolekulák protonokra és elektronokra bomlanak
- a protonok keresztáramlanak az elektroliton
- a katódra érkező elektronok a katalizátorban egyesülnek a protonokkal és az oxigén molekulákkal, víz keletkezik
- a folyamat során hő termelődik

- mivel az üzemanyagcella nem égésen alapul, hanem elektrokémiai reakción, az emissziója mindig jóval kisebb, mint a legtisztább égési folyamatoknak

Az úrsiklón üzemanyagcellák szolgáltatják az elektromosság egy részét.

### **Direkt metanolos üzemanyagcella ( DMFC)**

A direkt metanolos üzemanyagcellák leegyszerűsített és szobahőmérsékleten is biztonságos működést biztosítanak. A DMFC valamilyen folyékony szerves üzemanyag híg vizes oldatának, (például: 3%-os metil-alkohol) oxigénnel (vagy levegővel) történő közvetlen katalitikus oxidációján alapul. A cella elektromos áramot, szén-dioxidot, vizet és hőt termel.

A DMFC-ben lejátszódó kémiai folyamat fordított irányban is megvalósítható. A metil-alkohol vagy a belőle származtatható oxigéntartalmú vegyületek előállíthatók szén-dioxidból vizes közegű elektrokatalitikus redukcióval, anélkül, hogy a vízből hidrogént kellene előállítani. Ebben fordított üzemanyag cellában a szén-dioxidot és a vizet elektrokatalitikus úton oxigéntartalmú üzemanyaggá, hangyasavvá és származékaivá alakítják. A cellafeszültségtől függően a metil-alkohol szintézise is lehetővé válik.

A fordított üzemanyagcella a CO<sub>2</sub> elektrokatalitikus redukcióját olyan feszültségnél valósítja meg, amely kívül esik a víz elektrolíziséhez szükséges feszültség tartományon. A fordított működési módban a feszültség alatt lévő üzemanyagcella a szén-dioxid vizes oldatából oxigéntartalmú metán-származékokat állít elő. Az üzemanyag cella, ennek megfelelően, az elektromos energia reverzibilis tárolójaként működik, és ezt sokkal hatékonyabban végzi, mint bármilyen ismert akkumulátor.

A szén-dioxid újrafelhasználása tehát nemcsak a fűtőanyagok regenerálására ad lehetőséget, de egyúttal csökkentheti ennek az üvegházhatást okozó gáznak az atmoszférában történő felhalmozódását is.

További előnye, hogy az üzemanyag átalakító kialakításától és a cellákban alkalmazott elektrolittól függően lehetővé válik a megújuló energiák felhasználása.

Bónusz János ny. t.ú. alez.  
tűzvédelmi szakértő

### **Felhasznált irodalom jegyzék**

Akkumulátor tudástár internetről 2015

A Rádiótechnika és az Ezeremester folyóirat

A primér cellák (elemek), akkumulátorok (szekunder cellák) internetről, 2015

BKI Ex Vizsgálóállomás összeállításából a hidrogénről, 2000

Üzemanyag cella Zielinski Balázs gépészmérnök és Jároli József anyagából  
megjelent: 2002.07.01.

Technikai információk az akkumulátorokról

MSZ 1600-16: 1992 Helyhez kötött akkumulátorok telepítése, akkumulátor helyiségek  
és töltőállomások létesítése

DIN 41772-1:1972 töltési karakterisztikák

MSZ-EN 50272-2: 2001 Biztonsági követelmények az akkumulátorokra és  
akkumulátor berendezésekre. Akkumulátor helyiségek előírásai.

Hidrogén koncentráció mérés nagylégterű csarnokban Négyesi György ipari  
szakértővel közös munka, 2005

MAICO HUNGÁRIA Kft. szellőzés technikai információ, 2004

Zárt gondozásmentes akkumulátorokról, Bónusz János, 2004

Rekombinációs akkumulátorok működéséről, Bónusz János, 2007