

# Tévhitek és valóság – egyszerűen!

Az elektromos autók és autó-akkumulátorok témakörében

Internetes fórum-böngészéseim során rendszeresen ugyanazok a tévhitek bukkannak fel a félművelt, „józan paraszti ésszel” gondolkodó embertársaim írásaiban, így korábbi írásomat jelentősen kibővítve újra útjára bocsátom. De előre elnézést kérek a szakemberektől, amiért a könnyebb érthetőség és a rövidebb terjedelem miatt erősen leegyszerűsítve magyarázok el pár dolgot, de a megcélzott olvasóim – főleg a tévhitek terjesztésében jeleskedők – általában csak a reggeli kávé mellett is elolvasható és megérthető szinten hajlandóak foglalkozni eme nehéz témákkal. Úgyhogy ha valaki szeretné tudni az alábbi kérdésekre a választ, akkor ne habozzon a megfelelő fejezetre ugrani!

- Majd akkor veszek eCar-t, ha a lítium akkumulátoroknál kitalálnak egy sokkal jobbat!
- De hiszen most jelentették be a kínaiak, hogy megcsinálták a szilárdtest akkumulátort!
- De már a grafén akkumulátorokat is felfedezték; pár év, és vége is a lítium akkuknak!
- De a cink-levegő és az alumínium-levegő akkumulátorok könnyebbek, mint a lítium!
- A mobiltelefonban és az elektromos autóban is ugyanolyan lítium akkumulátor van!
- Tehát akkor minden létező elektromos autóban valamilyen lítium akkumulátor van?
- Mi lesz, ha a rengeteg eCar miatt mindenhol mérgező lítium akkumulátorok lesznek?
- Honnan fogunk szerezni több millió tonna lítiumot az akkumulátorok gyártásához?
- Mit csináljak töltéskor, hogy az elektromos autóm akkumulátora minél tovább bírja?
- Tényleg igaz, hogy ha nem töltöm fullra az akkut, akkor tovább bírja az akkumulátor?
- Az elektromos autók akkumulátora nagy hidegben megfagy, és utána ki kell dobni!
- Az akkumulátorok max. két évet bírnak ki; utána többbe kerülnek, mint új egy autó!
- Utólag lehet az eCar akkumulátorát bővíteni, vagy kicserélni a cellákat nagyobbakra?

## **Majd akkor veszek eCar-t, ha a lítium akkumulátoroknál kitalálnak egy sokkal jobbat!**

Mély fájdalommal tudatom, hogy erre nulla az esély! A lítium két okból is nagyszerű akku alapanyag: részint ez a legkönnyebb fém, ami vezeti az áramot; rendszáma 3, atomtömege 6,9 g/mol, így ha történetesen egy gáz lenne, még a levegőnél is könnyebb lenne: a levegőt alkotó nitrogén és oxigén molekula-tömege ugyanis 28 ill. 32 g/mol. Előtte is már csak két gáz van, a hidrogén és a hélium. Másrészt a lítium azért is különleges anyag, mert az elektrokémiai feszültség-sor tetején áll a 3,04 Voltos standardpotenciáljával – más szavakkal ennek van a legnagyobb feszültsége az ionok között, ebből lehet a legmagasabb feszültségű akkumulátort gyártani. Tehát az Univerzumban jelenleg nincs jobb anyag egy akkumulátorhoz.

## **De hiszen most jelentették be a kínaiak, hogy megcsinálták a szilárdtest akkumulátort!**

Az akkumulátorok mindig két elektródából állnak, az anódból és a katódból. A kettő között pedig elektrolit van, ami az elektronokat szállítja az egyikről a másikra; töltéskor az egyik, míg kisütéskor a másik irányba. Jelenleg két fő konstrukció van a lítium akkumulátoroknál – a lítium-ion és a lítium-polimer: az előbbiben egy gél-szerű anyag az elektrolit, amit általában porózus anyagokban itatnak fel, akár üvegszövet-jellegű textíliákban, vagy félig áteresztő (szitaszerű) fóliák réseiben, vagy akár porózus  $Al_2O_3$  (timföld) bázisú kerámiákban, míg a lítium-polimerben egy műanyag fólia polimerizált anyagába vannak az elektrolitként viselkedő kémiai anyagok beágyazva.

A szilárdtest akkumulátor ugyanolyan lítium akkumulátor, mint a fenti kettő, csak az elektrolit szilárd állapotban van kialakítva, így lényegesen vékonyabb, 20-30 µm helyett akár 2-3 µm. Így sokkal vékonyabb kivitelben lehet az akkukat gyártani, több réteget lehet egymáson kialakítani, tehát nagyobb kapacitást lehet elérni azonos térfogatban, ami egyfelől jó dolog. Sajnos azonban azzal, hogy az elektronokat szállító „molekulákat” bebetonozzák, a mozgékonyaságuk is lecsökken, így jelenleg nem képesek olyan akkumulátort csinálni, ami képes lenne az eCar-ok nagy áramú energiaigényét kiszolgálni. Korábban, ha jól tudom, 6 cég kezdte el az eCar-hoz a szilárdtest akkumulátor fejlesztést, de köztük már 5 le is tett róla, és „előre nem látott nehézségek” miatt felhagytak a további kísérletezéssel. A kínai szilárdtest akkumulátorról is megjegyzik, hogy jelenleg nem hogy autóba nem lehet használni, de még mobiltelefonba se igazán, mert az szintén nagy áramlökésekkel dolgozik. Laptopban viszont – ahol az áramfelvétel kb. egyenletes – nagyon jól jönne egy lapos, merev, de nagy kapacitású akkumulátor.

### **De már a grafén akkumulátorokat is felfedezték; pár év, és vége is a lítium akkuknak!**

A lítium akkumulátorok zömében az egyik elektróda maga a lítium (egy lítiummal bevont lemez), míg a másik elektródája tulajdonképpen szén, más szóval grafit; ugyanaz, ami a grafit ceruzákban van. Szokták még használni a kormot is, ami szintén szén, csak finom por alakban van. Ahogy a grafit, a grafén is szén, annak egy allotróp módosulata: egy egyetlen atom vastagságú grafitréteg, melyet méhsejtrácsos elrendezésben álló szénatomok alkotnak. Tehát a grafén elektródás akkumulátor is lítium akkumulátor, még a kémiai összetétele is azonos, csak ahogy a szilárdtest akkumulátornál, itt is az a cél, hogy a konstrukció vékonyabb legyen, és ezáltal nagyobb energiasűrűségű. A grafén elektróda másik előnye, hogy nagyobb áramokat is elbír, így valóban alkalmas lenne az eCar-ok akkujának, mert jól viselné a villámtöltést – sajnos a megoldás hátránya, hogy a grafén ipari mennyiségű előállítása finoman fogalmazva is lehetetlen. A *Tesla GigaFactory* akkumulátor-gyárában 500.000 *Model 3* autóhoz tervez akkumulátort gyártani. Egy *Model 3*-ban 4.416 db nagyobb méretű cella van, azaz csak ehhez az egy autóhoz 2,2 milliárd (!) cellát kell majd legyártani; számokkal leírva 2.208.000.000 db-ot. És ez csak egy autótípus, mert ott van még a *Model S* és a *Model X*, jön a *Model Y* és jön majd a kamion és pickup verzió; és ez csak egyetlen autógyártó, a *Tesla*!

Érdekességképp megjegyezném, hogy a szénnek van még pár allotróp változata; az egyik a gyémánt, korunk legértékesebb anyaga – érdekes, hogy a korom, a legértéktelenebb anyag is ugyanaz. Ahogy a fullerének, a gömb formába rendeződött szénatomok is allotróp változatnak számítanak, minden mérete külön egynek; a 60 atomostól az 540 atomosig. Szóval ha jövő héten kijön egy újságcikk az *Origótól*, hogy a kínaiak kifejlesztették mondjuk a hiperfullerén akkumulátort, ne lökjük be a jelenlegi elektromos autónkat a Dunába – az is lítium akku lesz!

### **De a cink-levegő és az alumínium-levegő akkumulátorok könnyebbek, mint a lítium!**

Valóban jelenleg ennek a két konstrukciónak van a legnagyobb fajlagos energiasűrűsége, hiszen az egyik elektródája a „levegő”, amit nem kell magával vinnie sem; annál azért nehéz lenne még könnyebbet csinálni. Egy aprócska hiba van csak: a fordítás! Az angol a „battery” szót a nem tölthető elemre és a tölthető akkumulátorra is érti; az újratölthetőket „rechargeable battery”, azaz újratölthető elem néven különböztetik meg a „primary battery”, azaz a nem tölthető sima elemtől. Hogy még jobban megkavarjak mindenkit, a magyarban létezik az *újratölthető elem* is, amely egy olyan speciális elem, amit párszor tucatszor, max. százszor újra lehet tölteni bizonyos mértékben. Szóval amire az angol hivatkozik, mint *battery*, azok elemek: ez a kettő konstrukció tulajdonképpen nem más, mint egy cink vagy alumínium tégla,

ami a levegőn úgy oxidálódik el, hogy közben áramot ad le – és amikor az egész „elrozsásodott”, ki kell dobni, azaz vissza kell adni a gyártónak, aki elektrokémiai vagy kohászati módszerekkel redukálja a fémet, és újra alkalmassá teszi a felhasználásra. Mivel egy cink-levegő akkumulátorral 1000 km is megtehető lenne, annyira nem elmebaj az ötlet, mint elsőre hangzik; ill. léteznek már kísérleti akkumulátorok is, amelyek elektromos úton redukálhatók elvileg kiszerezés és csere nélkül, de ezek túlságosan kísérleti fázisban vannak még, és rögtön nem olyan jók a fajlagos energiasűrűségi adatai sem, mint a már bevált lítiumos akkuknak.

## **A mobiltelefonban és az elektromos autóban is ugyanolyan lítium akkumulátor van!**

Ez az egyik legnépszerűbb tévedés! A lítium akkumulátorok 1991-es felfedezése óta 2-300 féle lítium akkumulátor összetételt fejlesztettek ki, amelyek között hatalmas eltérések vannak. Még szakemberek számára sem könnyű összehasonlítani a főbb tulajdonságokat, így egy ún. pókháló ábrán szokták a hat főbb paramétert ábrázolni: ezek a fajlagos energia, a fajlagos teljesítmény, az élettartam, a „képességek”, a költség és a biztonság. Jelenleg még senki sem találta fel a Bölcsek Kövét, így nincs olyan akkumulátor, ami minden téren maximumot tudna hozni. Ezért bizonyos alkalmazásokra bizonyos összetételt használnak, amit a szakemberek 3 betűs kódokkal szoktak rövidíteni; a főbb verziók az LTO, LFP, LMO, NMC, LCO és NCA neveken futnak; ez után még szokott jönni az összetevők aránya is, így pl. NMC 811 a 3 fő komponens arányát jelenti: 8-1-1. Persze ugyanezt lehet kicsit csúnyábban is írni, vegyjeles módon:  $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ ,  $\text{LiFePO}_4$ ,  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$ ,  $\text{LiNiMnCoO}_2$ , stb...

Nomármost a mobiltelefonok általában zsebben hordott készülékek, melyek 0-40°C között működnek, fontos a kis súly és a nagy teljesítmény, így ezekben lítium-polimer kivitelű LCO akkukat szokás használni, amelyek ha nagyon ritkán is, de képesek felrobbanni. Elektromos autókban viszont nem egy cella van magában, hanem 88-8.256 db (igen, jól olvasták: nyolcezer-kétszázötvenhat van egy *Tesla Model S P100D*-ben) cella, ahol akár egynek a felrobbanása is láncreakciót indíthatna el, ezért oda a sokkal megbízhatóbb lítium-ion cellákat szokás használni, számtalan összetétellel; főleg az NMC vagy NCA-hoz közelítő összetétel dominál, ebből adódóan pl. az üzemi hőmérséklet-tartomány is -30°C-tól indul. További eltérés, hogy míg egy mobiltelefon akkut „padlótól plafonig” sütnek és töltenek, addig egy eCar sok sorba kötött celláját nem szokás csutkára tölteni, hiszen ha bármelyiknél megszalad a töltés, akkor az felrobbanhat. Így aztán alul-felül biztonsági tartalékot hagynak a gyártók: az egyik legnépszerűbb eCar, az *Opel Ampera* pl. 86%-nál sohasem tölti fel jobban a cellákat, de a felhasználónak 100%-ot ír ki erre is.

Így összehasonlítani a mobiltelefon akkuját egy eCar akkujával legalább akkora nagy butaság, mint az összes rovarat bogárnak nevezni: mert minden bogár rovar, de nem minden rovar bogár. Ég és Föld a kettő, a nevükben – és az összetételükben – szereplő lítiumon kívül semmi kapcsolat nincs köztük. Nem hogy egy lapon, de egy fejezetben sem lehet említeni a kettőt. Önmagát minősíti, aki a legcsekélyebb mértékben is összemosza vagy összehasonlítja a mobiltelefon-akkut meg az elektromos autó akkut.

## **Tehát akkor minden létező elektromos autóban valamilyen lítium akkumulátor van?**

Nem, ez sem igaz! Az 1890-es évek (XIX. század, még a két világháború előtti idők) óta gyártanak elektromos autókat, kezdetben *Thomas Alva Edison*-féle vas-nikkel, vagy más néven lúgos akkumulátorral. Vicces, de ezen akkuk közül néhány még ma is működik! Utána a savas ólomakkumulátorok jöttek, az 1980-as években az olaszok szériában gyártottak rendes

autónak kinéző, használható járgányokat ún. gél ólomakkukkal (AGM). Később egyaránt lett NiCd és NiMH akkumulátoros autó, ezek az akkumulátorok a borotvákából és az akkus kéziszerszámokból ismerősek. A legismertebb korai hibrid autó, a *Toyota Prius* is NiMH akkuval van szerelve. Utána az olaszok tettek egy érdekes kitérőt, és egy ideig a dél-amerikai *ZEBRA* cég olvadt só akkumulátorával szereltek rengeteg autót az 1990-2000-es évek között, ezek 270-350°C-os (!) konyhasó-olvadékkal dolgoztak. 2008-ban jelent meg az első konnektorról tölthető eCar – Kínában! Bizony, a nálunk alaposan lenézett Kína az elektromos hajtás terén kb. leelőzte a fél világot, nem csak az első, *BYD F3DM* típusukkal, hanem általánosan is a *BYD* sokáig őrizte a világső helyet a gyártási darabszámokban, míg a *Tesla* meg nem verte. Idehaza a *Nissan LEAF* volt az első szélesebb körben megismert elektromos autó, ami már a lítium-akkumulátorok egyik nagyon korai verzióját használta. Ezért manapság sokszor kell azt mondanom, hogy vannak az elektromos autók, és van a „*LEAF*”; de erről majd később...

### **Mi lesz, ha a rengeteg eCar miatt mindenhol mérgező lítium akkumulátorok lesznek?**

Csoda – merthogy a lítium nem mérgező! Nagyon sokféle elem és akkumulátor mérgező, pl. a higany-tartalmú aprócska gombelemek; a borotvák *NiCd* akkumulátorából a kadmium; vagy az összes autó összes ólomakkumulátorából az ólom. A lítium akkumulátorok bizonyos fajtái tartalmazzak több-kevesebb kobaltot, ami ha nem is olyan mérgező, mint a higany vagy az ólom, de nem is feltétlen egészséges. Épp ezért a lítium akku-fejlesztés egyik sarkalatos kérdése a drága és nehezen beszerezhető kobalt-tartalom csökkentése: míg a hagyományos gyártók 12-14%-nyi kobaltot használnak egy akkuban, a *Tesla Model 3*-as új akkuja már csak 2,8%-ot tartalmaz, de jelenleg gyártásra érett a 0%-os kobalt tartalmú verzió is, amelyben alumíniummal lett a kobalt helyettesítve.

De hogy a lítiumról is írjak: a lítium ugyanabban az 1. főcsoportban, az alkálifémek között van, mint a nátrium. Ugyanolyan sókat képez más anyagokkal, mint a nátrium is, pl.  $\text{LiCl}$  a  $\text{NaCl}$  mintájára, amely meg mint tudjuk, a konyhasó. A  $\text{LiCl}$  meg kb. a tengeri só: a tengerek ugyanis rengeteg lítiumot tartalmazzak, ami az Univerzumban egy nagyon gyakori anyag: a szupernóvák a felrobbanásukkor rengeteg lítiumot gyártanak a megszaladó hidrogén-hélium fúzió melléktermékeként. Szóval az egész élővilág úgy alakult ki, hogy a lítiumra közömbös: mivel a lítiumnak magasabb az elektrokémiai standardpotenciálja, mint a nátriumnak, amíg a szervezetben van nátrium is, inkább az épül be. Tehát jelenlegi ismereteink szerint mérgezést sem tud okozni: simán kipisiljük a feleslegesen bevitt lítiumot. Ellenben pszichiátriai betegek esetében hangulat-stabilizálásra használják, gyógyszerként adagolva.

És hogy mit kezdünk a rengeteg tönkrement elektromos akkumulátorral? Újabb csoda: nincs sok akkumulátor, és ami van, az is tovább használjuk! Az eCar akkukra 8 év és 160.000 km garanciát szokás vállalni a legtöbb esetben. Mivel 2010 óta már eltelt 8 év, kimondhatjuk, hogy az autógyárak elszúrták: jóval tovább bírják a lítium akkumulátorok, mint 8 év, és már vannak 300-400-500.000 km-t futott példányok is. Az általános tapasztalat az, hogy az akkuk egy gyors, induló 3-5%-os degradáció után beállnak, és utána teljesen lineárisan csökken a kapacitásuk. Így 8-10-12 év után eljön az a pont, amikor már kevés lesz az autók hatótávja, és az akkukat cserélni lesz célszerű. De ezek az akkuk még bőven elegendő kapacitással rendelkeznek ahhoz, hogy pl. egy családi házat vagy egy lámpaszlopot árammal lássanak el. Így a *Nissan LEAF* gyártója pl. a szétszedett akkucellákat köztéri, napelemes lámpák talpába építi be, így vezeték nélkül, napelemtől töltődnek a lámpák, és éjjel az előregedett – de még közel sem rossz – eCar cellákról világítanak. A *Smart* gyártója, a *Daimler* pedig egy bezárt szénerőműben épített ki akkumulátoros csúcsidőszaki energiatároló szigeteket az elhasznált akkumulátorokból – kihasználva a már korábban kiépített régi távvezetéseket.

## Honnan fogunk szerezni több millió tonna lítiumot az akkumulátorok gyártásához?

Szerintem több millió tonna az enyhén szólva is túlzás... Az akkumulátorok technikája ma szupertitkos tudomány, előbb találok háztáji atombomba gyártásról részletes leírást, mint egy eCar akkuról, így aztán saját méréseim, kutatásaim, bontásaim és visszafejtéseim segítenek a válaszadásban. Pl. a *Smart ForTwo* 16,5 kWh-s akkumulátorát porszem méretű kis darabokra szedve pontosan tudom, hogy maga az akkumulátor-egység 180 kg, azonban ezen belül csak 93 db 1280 grammos akkucella van, azaz a nettó akkumulátor-tömeg 119 kg; ~60 kg a szerelvények, műanyag idomok, réz sínek, elektronikák, vízűtés. Szakirodalmi adatok szerint a nettó lítium tartalom valahol a 15-20 kg környékén lehet. A tömeg jelentős részét a réz, a nikkal és a kobalt adja, mivel ezek ~60 g/mol atomtömeeggel rendelkeznek a lítium ~7 g/mol-jához képest.

És ahogy már írtam, a tengerek-óceánok vize rengeteg lítiumot tartalmaz, bár amíg a kősóbányákból (néha már száz éve bezárt bányát nyitnak újra a korábban kidobott lítium só miatt) olcsón kinyerhető, addig nem fognak hozzányúlni, max. az édesvíz-előállításakor keletkező sót dolgozzák fel a lítium kinyeréséhez.

## Mit csináljak tölteskor, hogy az elektromos autóm akkumulátora minél tovább bírja?

Lehetőleg semmi extrát, azzal követsz el a legkevesebb hibát! Elképesztő számomra, hogy mennyi abszolút hozzá nem értő ember osztogatja a tanácsait az akkumulátorok töltésével kapcsolatban; sokszor már a tanácsból is azonnal látom, hogy keveri a szezont a fazonnal. A nagy kedvencem, az évszázad kontár-díjas beszólása így hangzik: „*Nekem egy akkuguru azt mondta, hogy karbantartásként időnként hármas ciklusokban totál le kell meríteni (teknősbékáig!), majd feltölteni 3 különböző töltési módon. És ezt a ciklust 2-3x megcsinálni – ezzel regenerálódik az akksi.*” Ez az állatorvosi ló tipikus esete, azért idézem ilyen sokszor, mert pont nem a lítium akkura igaz, hanem a másik háromra: a NiCd akkukra volt jellemző a memória-effektus, ezért kellett őket mindig nullára lemeríteni, és onnan feltölteni. A NiMH akkukra meg az ellustulás volt a jellemző; azaz kicsi árammal lassan töltve olyan nagyobb ion-kristályok alakultak ki az akkun belül, hogy lecsökkent az áramleadó képessége; míg ha gyorsan volt feltöltve, apró kristályok alakultak ki, amelyek összesítve nagyobb felülettel, és így nagyobb áramleadó képességgel is bírtak, mint a kevesebb nagy kristály. Végezetül a savas ólomakkumulátorokra volt jellemző a szulfátosodás, amikor az elektródákat vékony, szigetelő szulfát-réteg vonta be, ami ellen azt lehetett tenni, hogy az akkut többször, pl. háromszor egymás után le kellett meríteni, majd újra fel kellett tölteni; ettől berepedezett és pikkelyként lepotyogott az akku aljára a szulfátos réteg. Szóval akku-szakértőnk olyan jó tanácsot osztogatott, ami egyben pont nem igaz egyik akkura se, a különféle lítium akkukra meg pláne nem: se memória-effektusa nincs, se ellustulásra nem hajlamos, szulfátot meg még nyomokban sem tartalmaz. És ezek a bolondok osztják az észet a FaceBook fórumain...

Az Interneten a leggyakoribb töltési tanács a *Charge ABC*: „*Always Be Charging*”, azaz *tölts, amikor tudsz!* Egy mai elektromos autóban van kb. 10-20 processzor, ami csak a töltést szabályozza: az akkumulátor menedzsmet (*Battery Management System, BMS*) és a fedélzeti töltő (*On-Board Charger, OBC*) semmi mással nem foglalkozik, mint az akkuk töltésével, a cellák kiegyenlítésével, a hőmérséklet menedzselésével. Nagyon beképzelt az az ember, aki azt hiszi, hogy 10-20 processzornál, az azok programját kifejlesztő programozóknál, az őket támogató kémikusoknál, vegyészeknél, technikusoknál, mérnököknél, sőt kutatóintézeti és egyetemi professzoroknál is okosabb, és persze ő jobban tudja...

A *Nissan LEAF* kapcsán azért el kell, hogy mondjam, hogy annak töltése nagyon vitatott. Az autó több szempontból is kakukktójás: részint ez az első elektromos autó, így még egy régi akku-összetételt használt. Másrészt ebben az autóban sem akkuhűtés, sem akkufűtés nincsen. Harmadrészt ebben beállítható a max. 80%-os töltési szint, amit sokan úgy értelmeztek, hogy a magasabb töltöttség akku-kapacitás csökkenést okoz – ezt a beállítást azonban az legújabb LEAF-okból kiszedték. És sokkal több degradálódott akkut találunk a régi LEAF-ok között, mint az összes többi autónál. Szóval ha engem kérdeztek: nem tudom! Én biztos, hogy ezt is fullra tölteném – de Te csináljatok azt, ami jólesik!

## **Tényleg igaz, hogy ha nem töltöm fullra az akkut, akkor tovább bírja az akkumulátor?**

Igaz is, meg nem is! Milliószer elmondom, hogy az elektromos autók akkumulátora nem egyetlen cella, mint egy mobiltelefonban. Teljesen máshogy működik 88-8.256 db cella sorba kötve, mint önmagában. Hogy megértsük a dolgot, sajnós a matekot nem ússzuk meg...

Minden autóba be van építve egy papíron, számológéppel kiszámolható akku kapacitás, ez a bruttó (beépített) kapacitás. Egy *Opel Amperában* pl. 288 db cella van, amelyek összesített kapacitása 16.0-17.1 kWh, attól függően, melyik verziójú/évjáratú az autó. Ellenben a nettó (kiautózható) kapacitás csak 10.2-11.2 kWh, azaz 5.8-5.9 kWh „eltűnt”. Nos, az ott van, csak a BMS nem engedi használni biztonsági és élettartam megfontolásokból. Egy *Opel Ampera* akkucelláját csak én (meg pár ember) tudja 100%-ra tölteni – úgy, hogy kiszedem az autóból és feltöltöm teljesen. A BMS csak 86%-ig engedi feltölteni, a maradék 14% biztonsági sáv. Ugyanilyen, csak szélesebb, 22%-os sáv van a kisütésnél, a 0% körül, így jön ki a matek:  $100\% - 14\% - 22\% = 64\%$ , ahogy a 10.2 kWh is 64%-a a 16.0 kWh-nak. Az *Opel Ampera* kiugróan magas védelmi sávokkal dolgozik, de a többi autó sem engedi az elvben 4.2V-os feszültségig a cellákat; általában 4.05 – 4.10V-nál megállnak. (Vagy a 4.2V-osnak hitt cella valójában 4.35V-os LiPoHV cella, azért engedi 4.2V-ig.) A fentiekből következően lehetetlen 100%-ra tölteni az akkut, ezért van egy határozott **NEM** válaszom a kérdésre.

Viszont van egy olyan jelenség, amiről érdemes beszélni. Ha van egy elméleti akkucellánk, ami mondjuk 1.000 db teljes, 0-100%-os kisütést bír, akkor ha csak 50%-ban sütjük ki, akkor 2.000 db ilyen ciklust tudna; függetlenül attól, hogy 0-50%-ban, 25-75%-ban vagy 50-100%-ban járátjuk. Ha csak 25%-ban járátjuk, akkor meg 4.000 ciklust tudna. Tehát a ciklusszám és a kisütés mélységének szorzata (ami kWh-t ad), elvben állandó. Na, a gyakorlati akkucella esetében ez nem így van: ha egy cellát, amit 1.000-szer tudunk 0-100% között járátni, de csak 25-75% között járátjuk, azt több, mint 2.000-szer tudjuk használni. De hogy mennyivel több? Na, ezen kb. vér folyik, akkora viták vannak...

Az egyik „iskola” szerint „akár kétszer” annyit is tud; ezt főleg az általam is sokra tartott, de ma már kissé elavultnak tekinthető *Battery University*, és a tőle idézgetett források állítják, nem igazán alátámasztott adatok alapján. A szerintem reális valóság valahol a 8-15% körül lehet inkább. Minap a *Facebook*-on felraktak egy állítólag reális mérési adatokat tartalmazó labor-diagramot (merthogy, autóval bajos lenne mindig pont 25% vagy 50%-nyit autózni), és ott az alábbi adatok jöttek ki a 4000 ciklushoz tartozó adatok szerint: 95%-ról kb. 78%-os az akku degradáció akkor, ha 75%-os mélységben merítjük az akkut, és kb. 88%-os az akku degradáció, ha 50%-ban merítjük. Mit lehet ebből kiszámolni? Legyen mondjuk az akkunk 20kWh-s, mint egy átlag eCar átlag akkumulátora (merthogy ezt az adatot nem adták meg).

Ha 75%-ban merítjük 4000\*, akkor az 60.000 kWh össz. akku-használatot jelent. Ekkor romlik 95%-ról 78%-ra az akku 17%-nyit. Ha 50%-ban merítjük 4000\*, akkor 40.000 kWh használatot jelent, és ekkor romlik 95%-ról 88%-ra az akku 7%-nyit. Tehát ha 40.000 kWh alatt romlott 7%-ot, akkor 60.000 kWh után (lineáris romlást feltételezve) másfélszer annyit, azaz 10,5%-ot kellene romlania, tehát  $95 - 10,5\% = 84,5\%$ -on kellene lennie az akkunak, ezzel szemben 6,5%-al rosszabb állapotú, mert 78% lett a romlás a 84,5% helyett.

Tehát kb. 50.000 kWh kiautózása után (ami kb. 300.000 km megtett utat jelent, bőven az autógyárak által garantált 160.000 km felett) jön 6,5% eltérés az azonos szintre átszámolgatott akkuhasználatban. És ezért a 6,5%-ért bohóckodjon az ember 8-10 éven át minden áldott nap azzal, hogy időzítősz konnektorral meg egyéb trükkökkel megoldja, hogy az autója ne 100%-ig töltődjön, hanem csak 80-85%-ig? Ha tényleg szignifikáns eltérés lenne az adatokban, akkor az amúgy milliárdokat fejlesztésre költő autógyárak nem lennének rest dolgozni azon, hogy ezt az állítólag dupla élettartam-különbséget kihasználják. Tény továbbá, hogy a használtautó hirdetések és a vásárlások tapasztalatai között alig látni eltérést megtehető távban, ha azonos korú és azonos futásteljesítményű autókat hasonlítunk össze. És tény az is, hogy a *Nissan LEAF*-ról továbbra sem nyilatkozom, mert nincs hozzá elegendő adatom. A *Nissan LEAF* 40 kWh-s modelljei az Interneten nagyon komoly vitát gerjesztenek pl. a *Fast Charger Gate* címszó alatt. A vége az lesz, hogy annak is kénytelen leszek a teljes akkupakkját szétszedni miszlikre...

### **Az elektromos autók akkumulátora nagy hidegben megfagy, és utána ki kell dobni!**

Téves! A lítium akkumulátorok döntő részében nincsen folyékony, vízbázisú elektrolit; az elektromos autókban használtakban meg pláne nincsen; helyette egy ion-membrán fólia vagy gél van, amely a szakirodalmi adatok szerint  $-46^{\circ}\text{C}$ -ot is túlél; sőt az anyagösszetétel egész kis megváltoztatásával akár a  $-60^{\circ}\text{C}$ -os üzem is gond nélkül megoldható – még egyszer leírom: nem a túlélés, hanem az üzem! Annyiban igaz van a tévhitet hangoztatóknak, hogy pl. egy lítium-polimer akkus, LCO összetételű mobiltelefon-akkumulátort valóban meg lehet „ölni” egy sima mélyhűtős fagyasztással; az az összetétel már  $0^{\circ}\text{C}$  környékén „megfagy”, azaz üzemképtelenné válik a nagy mértékben megnövekedett belső ellenállása miatt. Valódi megfagyásról, szétdurranásról, szétfagyásról nem beszélhetünk, azaz felmelegedés után az akkumulátor üzemképes marad.

Elektromos autóknál azonban van még egy jelenség, amiről nem árt tudni:  $-30^{\circ}\text{C}$  körül a lítium akkumulátorokban egy passzíválódási folyamat miatt a töltés nagyon lelassul, így több elektromos autó elektronikája is letilthat, mert az akkumulátorok nem veszik fel a töltést kellő intenzitással. De áramot leadni még ekkor is tudnak csökkent szinten, így az elektromos autó a saját kerekein be tud gurulni egy temperált (azaz akár csak  $-20^{\circ}\text{C}$  fokos) garázsba, ahol már fel lehet tölteni, ill. a használat során keletkező veszteségi hő már elég ahhoz, hogy az akkuk elérjék a töltéshez szükséges  $-20^{\circ}\text{C}$ -os induló hőfokot. A töltés pedig aztán pláne sok hőt termel, így az akkumulátor rövidesen eléri a töltési üzemi hőmérsékletét. Ezért sem építik már be sok autótípusba az akkumulátor-fűtő egységet. Ilyen autó pl. a már sokat emlegetett *Nissan LEAF*.

## **Az akkumulátorok max. két évet bírnak ki; utána többre kerülnek, mint új egy autó!**

Téves! Ahogy már a figyelmes olvasók is sejtetik, ez sem igaz, hiszen az almát és a körtét próbálják összehasonlítani, amikor a másfél-két évente kidobandó mobiltelefon akkumulátort hasonlítják össze a minimum 8-10-12 éves élettartamra méretezett kémiai összetételű elektromos autó akkumulátorral. De hogy precízen fogalmazzam meg: míg a mobiltelefonok 300 ciklusra képes, „zacskós” tokozású lítium-kobalt-oxid (LiCoO<sub>2</sub>) összetételű lítium-polimer akkumulátort tartalmaznak, és naponta szinte teljesen le vannak merítve és újra fel vannak töltve, addig a mai elektromos autók 1.000-1.500 ciklusra képes, hengeres lítium-ion akkumulátort tartalmaznak lítium-nikkel-mangán-kobalt-oxid (LiNiMnCoO<sub>2</sub>), összetétellel, melyek ritkán vannak még a 20-30%-os szint alá lemerítve, nem hogy 3-5%-ig. A Tesla Motors több 60 kWh-s modellje pl. valójában 75 kWh-s akkumulátor-csomagot tartalmaz, csak szoftveresen 60 kWh-nak van „hazudva”, mert így az akkumulátort nem is lehet 20%-nál jobban lemeríteni. És mivel a megadott 1.000 ciklus teljes kisütésre-feltöltésre vonatkozik, a részleges kisütés sem számít egész ciklusnak.

Az árak jelenleg úgy néznek ki, hogy egy teljes akkumulátor-csomag cseréje kb. 1,5 – 2,5 Mft, ami messze nem azonos az autók újkori, 12 – 15 Mft-os árával. Ráadásul ha kiépül a cella-szintű akkucserék rendszere, és nem kell az egész akkumulátor-tokozást, hűtést, BMS-t (*Battery Management System*) cserélni, akkor a cellaszintű csere már 600 – 800 eFt-ból kijön. Ezért is több cég nem eladja, hanem csak bérbe adja az akkumulátorokat, mert így jóval alacsonyabb áron tudja a pénzügyi szempontból a tulajdonában álló akkumulátort felújítani.

## **Utólag lehet az eCar akkumulátorát bővíteni, vagy kicserélni a cellákat nagyobbakra?**

Lehetni éppenséggel lehet, de nem olyan egyszerű, hogy kiszedjük a tartóból az akkukat és helyette nagyobbakat rakunk be. Rengeteg megoldandó probléma van az akkupakkokkal és azok bővítésével kapcsolatban, de többen (köztük jómagam is) dolgoznak azon, hogy ezeket megoldják valahogy. Jelenleg egyetlen prototípus akkuról írt a sajtó, amivel a gyári 20 kWh-s akkut 100 kWh-ra lehet bővíteni; ezt egy korábbi írásomban eléggé megköpökdtem. De tény, hogy pár év, és nem csak hogy lehet majd akkut bővíteni, hanem szerintem a piacon ki fog alakulni egy komplett iparág az utángyártott akkupakkok készítésére, és 5-10 év múlva már válogathatunk, kitől és mekkorára növelt akkupakkot szeretnénk vásárolni az előregedett akku helyére.

És hogy mit lehet csinálni a régi akkupakkokkal? Nos, már nálunk is engedélyezték az ún. hibrid napelemes invertereket (pontosabban jogszabály már van, típus-engedély még nincs), így a már előregedett, lecsökkent hatótávú elektromos autó akkunkat a garázs falára fellógatva elvileg 2-3 napnyi áramszünet is áthidalható egy ilyen újrahasznosított akkupakkal.

Verzió: 1.01, 2018-11-30, Tata

**Varsányi Péter E.V.**

Tel: +36-20-942-7232

Web: <http://varsanyipeter.hu/>

Email: [info@varsanyipeter.hu](mailto:info@varsanyipeter.hu)