

# A LÍTIUMION-AKKUMULÁTOROK HAZAI GYÁRTÁSÁRÓL – KUTATÓI SZEMSZÖGBŐL

Péter László

HUN-REN Wigner Fizikai Kutatóközpont

Jelen cikkben a Fizikai Szemle főszerkesztőjének kérésére megpróbálok megvilágítani néhány összefüggést a lítiumion-akkumulátorok feltalálása, elterjedése és szerepe kapcsán, kitérve az olykor viharos társadalmi reakciókra a gyártás és felhasználás veszélyeivel kapcsolatban. Noha egyetlen rövid írásban nem lehet elmondani a „teljes igazságot”, és kívülálló kutatóként ennek ismeretét nem is tulajdoníthatom a magaménak, igyekszem a nyilvánosan elérhető adatok alapján kutatóhoz illő széleskörű és elfogulatlan elemzést adni.

## A lítiumion-akkumulátorok sikerének titka

Az elektromos energia tárolása kémiai formában az emberiségnek az elektromos jelenségek mibenlétének tisztázása óta létező törekvése. Nagyon sok elterjedt akkumulátortípus jellemzője, hogy negatív elektródja egy viszonylag könnyen oxidálható fém, vagy más szóval: olyan fém, amelynek a részvételével felépülő  $Me^{z+}/Me$  redoxirendszer standardpotenciálja nagy negatív érték. A pozitív elektródot legtöbbször egy változó vegyértékű fém erősen oxidált formája képezi. A fenti jellemzőknek egyaránt megfelel a klasszikus Leclanché-elem (primer akkumulátor, cellareakció:  $Zn + 2MnO_2 + 2NH_4Cl \rightleftharpoons Zn(NH_3)_2Cl_2 + 2MnOOH$ ), az Edison-féle vas–nikkel akkumulátor ( $Fe + 2NiOOH + 2H_2O \rightleftharpoons Fe(OH)_2 + 2Ni(OH)_2$ ), az 1980-as években nagyon elterjedt nikkel–kadmium akkumulátor ( $Cd + 2NiOOH + 2H_2O \rightleftharpoons Cd(OH)_2 + 2Ni(OH)_2$ ), a cink–ezüst elem ( $Zn + Ag_2O + H_2O \rightleftharpoons Zn(OH)_2 + Ag$ ; a pozitív elektródon  $Ag_2O$  is képződik részleges kisütéskor/töltéskor), de akár még az ólomakkumulátor is ( $Pb + PbO_2 + 2H_2SO_4 \rightleftharpoons 2PbSO_4 + 2H_2O$ ); a reakcióegyenletekben mindig a negatív elektród komponense áll elől, és balról jobbra olvasva az egyenletet a kisütés folyamatát látjuk. A negatív elektródot képező fémek esetén gyakori probléma, hogy újra-

töltéskor nem a gyárilag előállított elektródmorfológia áll helyre, hanem dendrites fémmnövekedés történik. Az ennek eredményeként létrejövő fémtüskék a pozitív elektródig növe rövidzárt okoznak, az akkumulátor emiatt pedig tönkre megy. A fenti akkumulátorok mindkét elektródját több szilárd fázis képezi részlegesen kisütött állapotban, azaz: a töltés-kisütés folyamatát új fázis létrejötte kíséri (gócképződés).

A lítiumion-akkumulátorok lényeges előnye, hogy a lítium nagyon kis sűrűségű, kis atomtömegű (az egységnyi tömegű lítiumból kinyert elektromosság 15,4-szeres tömegű ezüstből volna kinyerhető) és a gyakorlatban alkalmazott más fémekhez képest igen könnyen oxidálható. Ezért a lítiumion-akkumulátorok mind töltés-, mind energiasűrűségben nagy előrelépést jelentettek a korábbi akkumulátorokhoz képest. A cellafeszültség 3,5 V körüli érték, ami lehetővé teszi félvezető eszközök vezérlését egycellás áramforrással, szemben a kisebb feszültségű áramforrásokkal, amelyekből több sorba kötött cella szükséges. A negatív elektród nem tartalmaz fém lítiumot, mivel a töltéskor keletkező lítiumatomokat egy grafityszerű szénréteg fogadja be. A pozitív elektródon legtöbbször egy  $Li_xMeO_2$  általános összetétellel jellemezhető oxid az elektroaktív anyag, ahol Me: Co, Ni, Mn vagy ezek megfelelő arányú elegye,  $x$  pedig a feltöltés fokától függően rendre kb. 0,5 és 1 közötti érték. Mindkét elektród olyan anyagi rendszerekből áll, hogy a lítiumion-felvétel és -leadás lényegében folyamatosan, fázisképződés nélkül megy végbe, ami nagyban hozzájárul a sokszori újratölthetőséghez. A lítiumion-akkumulátorok egyes részegységeinek kifejlesztéséért ítéltek oda három kulcsszerepet játszó kutatónak a 2019-es kémiai Nobel-díjat, aminek nyomán a felfedezések háttéréről több magyar nyelvű szakmai összefoglaló is született [1,2].

## A lítiumion-akkumulátorok szerkezete, működése és a gyártási folyamata

A lítiumion-akkumulátorok számos komponenset vagy al-egységet tartalmaznak. Ilyenek például az elektródok elektroaktív anyagai (amelyek ténylegesen részt vesznek a töltéstárolásban lítiumion-felvétel és -leadás révén), az elektródok mechanikai stabilitását szolgáló kötőanyagok, az elektroaktív szemcsék között diszpergált vezető részecskék, az elektródok fémes hozzávezetései, az elektródokat elválasztó fóliák, az elektródok közötti elektrolitoldat oldószere, az ebben oldott lítiumsó és a cella opti-



Péter László végzettsége szerint kémia–fizika szakos középiskolai tanár, 2013 óta az MTA doktora, 2018-tól az MTA Elektrokémiai Munkabizottság elnöke. Pályája kezdetén maga is foglalkozott lítiumion-akkumulátorok kutatásával. Jelenlegi kutatási területe az elektrokémiai fémleválasztás és a fizikai-kémiai anyagtudomány.

mális működését biztosító segédanyagok sora, valamint a külső tokozás.

Foglalkozunk először a negatív elektróddal! Ez egy grafitzemcséket és kötőanyagot tartalmazó réteg réz áramvezetőre felhordva. Meglepő, de a megfelelő minőségű grafit ugyanúgy szűkösen elérhető, mint a lítiumion-akkumulátorok sok más nyersanyaga. A grafit hatszögesen elrendeződő szénatomokból álló, ún. grafén rétegei közé tud bejutni a lítiumatom, ezt a folyamatot hívjuk interkalációnak. Az akkumulátor feltöltésekor végbemenő folyamat a teljes feltöltéskor kialakuló fázissal számolva:  $6C + Li^+ + e^- = LiC_6$ .

Ilyenkor tehát fém lítium nem keletkezik – igaz, a grafitban interkalált lítium ugyanúgy gyűlékony, mint a fém lítium maga. A grafit lítiumfelvétele természetesen térfogatnövekedéssel jár, részben ezért is van szükség viszonylag rugalmas kötőanyagra. Ez egy fluorozott szénhidrogén (polivinilidén-fluorid, PVDF). Ezt az anyagot N-metil-2-pirrolidonban oldva és az oldatban a grafitzemcséket szuszpendálva hordják fel az áramvezető fémfóliára, és az oldószer elpárologtatása után hőkezeléssel alakul ki a megfelelően kompakt réteg. Az oldószert természetesen vissza kell nyerni a hőkezelés után, amit a gazdasági okok mellett az is szükségessé tesz, hogy potenciálisan karcinogén anyagról van szó!

A pozitív elektród elektroaktív anyaga, a megfelelő fémoxid mellett ugyancsak jelen van a kompakt réteg kialakításához szükséges kötőanyag, de a megfelelő elektronvezetés érdekében grafit adalékanyagra is szükség van. Az elektródok fizikai elválasztása miatt szeparátor fólia szükséges, amelynek a megfelelő ionvezetés érdekében porózusnak kell lennie.

A két elektroaktív réteg közötti elektrolitoldat szerves karbonátokból mint oldószerekből és jellemzően lítiumhexafluorofoszfátból ( $LiPF_6$ ) mint elektrolitból áll. Emellett számos, ipari titokként védett adalékanyag kerülhet be az elektrolitoldatba, amelyek szabályozzák az elektródfolyamatokat. Ezek veszélyességét megfelelő információk hiányában nehéz felbecsülni. A lítiumion-akkumulátorok összeállításakor lényegében egy teljesen kisütött állapotú cellát kapunk, aminek egyes funkcionális komponensei az első töltés során alakulnak ki. Ezek között a legfontosabb a negatív elektródon létrejövő szilárd elektrolitréteg (solid electrolyte interface, SEI). Ennek pontos összetétele és működési mechanizmusa máig a lítiumion-akkumulátorok legtalányosabb és részleteiben legkevésbé feltárt része. A lényeges pont az, hogy olyan, lítiumion-transzportra képes réteg jön létre az oldószerekből és a megfelelő adalékanyagokból, amely azután megvédi az oldószert a további redukciótól a negatív elektródon.

A lítiumion-akkumulátorok összeállításakor fokozottan ügyelni kell a vízpáráról lényegében mentes környezetre, mivel mind a negatív elektród, mind az elektrolit vízre érzékeny. A szénben interkalált lítium bomlásakor lítiumhidroxid mellett hidrogéngáz is keletkezhet, ami a negatív elektród tönkremenetele mellett a nyomásnövekedés veszélyével jár. Az  $LiPF_6$  vezető só víz jelenlétében pedig hid-

rogén-fluoridot képez, ami korrozív és a környezetet is súlyosan veszélyezteti. Ezért a lítiumion-cellák gyártása nagyon jól ellenőrzött, oxigén- és vízpáramentes légtérben kell, hogy történjen. Laboratóriumi kísérletek során a vízpára- és oxigéntartalom jellemzően néhány milliomod rész (ppm) koncentrációban lehet jelen. Ipari körülmények között sokszor jellemző a maradék vízgőztartalom a kondenzáció hőmérsékletével (harmatpont); ez az akkumulátor gyártási folyamatban  $-50\text{ °C}$  körüli kell, hogy legyen.

A nagy energiaigényű gyártási folyamatok közül a pozitív elektródok fémoxidjainak előállítását kell elsőként említeni (közel  $1000\text{ °C}$  hőmérséklet!), de ahogy a fentiekből látható, az összeszerelés is igen energiaigényes folyamat. Az elektródok hőkezelése kapcsán ez magától értetődik, de a megfelelő vízmentes környezet és az ezt szolgáló gázcirkulációs rendszerek fenntartása is ugyanúgy energiát emészt fel. Ezzel együtt jár a hűtési igény, aminek vizsont a vízszükséglete óriási.

## A lítiumion-akkumulátorokkal kapcsolatos potenciális környezeti károk

A környezeti károk között elsőként kell említeni a fém komponensek érceinek bányászatát (még akkor is, ha ez egyáltalán nem hazai probléma). Minden bányászati folyamat a környezet számottevő átalakításával jár, beleértve a vízháztartás megváltozását és akár a részleges elsivatagosodást is (lásd például: [3]). Nehezíti a helyzetet, hogy a lítiumion-akkumulátorok alapanyagainak bányászata olyan kevésbé fejlett régiókban zajlik, ahol a környezetvédelmi szabályok önmagukban sem jelentenek kellő garanciát a természeti értékek megóvására, de még a meglévő rendelkezések betartása is nehézkes a megfelelő politikai akarat hiánya és a korrupció miatt. Sőt, a gyermekmunka felhasználása is elterjedt, különösen az afrikai kobaltlelőhelyeken.

A környezeti károknak az akkumulátorcella-gyártással kapcsolatos része a leginkább közismert, lévén ez kapja a legtöbb figyelmet a sajtótól (ami persze azért van, mert a hazai lakosság számára ezek a veszélyek a leginkább kézzelfoghatóak). Itt a felhasznált vegyszerek elszivárgásával, kiömlésével, párologásával, a levegőbe és a talajvízbe történő eljutásával kapcsolatos károkat kell említeni.

Az akkumulátorok használatát, különösen pedig az elektromos járművek üzemeltetését előszeretettel szokták a „zöld energia” fogalmával kapcsolatba hozni. E ponton le kell szögezni, hogy egy elektromos jármű üzemeltetése valóban emissziómentes az üzemeltetés helyén és idején – a teljes mérleghez azonban a gyártás, a megsemmisítés és a működtetéshez szükséges energia másutt való megtermelésének hatásait egyaránt figyelembe kell venni. Nem is beszélve arról, hogy balesetek bekövetkezésekor a kár nagy lehet: a hagyományos (pl. vizet használó) oltási technológiák egy lítiumion-akkumulátoros járműben keletkező tűz esetén nem alkalmazhatók, mert a negatív elektród anyaga maga is reagál vízzel. Tűz esetén mégis a hűtés az első lépés, mert a negatív elektród égése ha-

talmas hőtermeléssel jár, ami viszont a pozitív elektród oxidjának ( $\text{Li}_x\text{MeO}_2$ ) bomlásához vezet, utóbbi folyamat pedig a tüzet tápláló oxigén képződésével jár. Míg egy egycellás kisméretű eszköznel az öngyulladás veszélye szinte nulla, egy tűző napon tárolt elektromos jármű felmelegedése már lehet az öngyulladás szempontjából kritikus mértékű.

Más komponensek is képeznek káros anyagokat vízzel reagálva, de ezek nem a tűzbiztonság miatt veszélyesek, hanem későbbi környezeti hatásai révén. A fluortartalmú szénhidrogének atmoszférába jutása pont ugyanolyan módon okozhat ózonlebomlást a felső légkörben, mint a korábban hűtőrendszerekben alkalmazott, de használatból már kivont halogénezett szénhidrogének.

A megsemmisítés és újrafelhasználás a lítiumion-akkumulátorokkal kapcsolatos környezettudatos magatartás része – lehetne. A mai újrafelhasználási technológiák azonban korántsem tartottak lépést a gyártás fejlődésével. Ez azért különösen problémás, mert az Európai Unió szabályai szerint az üzemidő lejártával a biztonságos megsemmisítésre azt az országot kötelezik, ahol a gyártás történt. A hirtelen felfuttatott volumenű gyártással a megsemmisítést és újrafelhasználást célzó ipartelepítés nem tartott lépést (ahogy az ezzel kapcsolatos technológia sem igazán). Míg egy atomerőmű létesítésekor el kell kezdeni a tartalékképzést a végső leszerelés költségeinek biztosítására, ma a lítiumion-akkumulátorok gyártásának bővítésére olyan módon áramlik az állami támogatás, hogy a később fellépő – és elkerülhetetlen – kötelezettségekre egyáltalán nincs figyelemmel. Mindemellett az sem világos, ki lesz a költségviselő, amikor a megsemmisítésre sor kerül. A megsemmisítés kapcsán szót kell ejteni arról, hogy mit is semmisítünk meg valójában. Egy elektromos busz akkumulátorpakkja 176 cellából áll, amelyben az egyedi cellák nem cserélhetők, de egyetlenegy cella rövidzárja is elég ok az egész modul cseréjére. Így egy 0,5 %-ot alig meghaladó hiba a teljes cellaköteg megsemmisítéséhez vezet.

Fontos azt is látni, hogy miként tekint az átlagember a lítiumion-akkumulátorokra. A közvélemény ezekhez nem társít olyan veszélyfaktorokat, amiket egy ólomakkumulátorhoz például igen (annak sav- és nehézfém tartalma miatt). Utóbbi is veszélyes persze, de ennek visszagyűjtése jobban megoldott. Egy hordozható elektronikus eszközről (például egy feltölthető villanyborotváról) sokszor nem is tudjuk, hogy milyen beépített feszültségforrást tartalmaz. Az ilyen eszközök sora kerülhet úgy a kommunális hulladékba, hogy utána hosszú távon szennyezni fogja a környezetét. Megoldást jelenthet az áramforrások ellátása egyedi azonosítóval, ennek révén biztosítva a teljes élettartam-követést, de ez a megoldás még gyerekcipőben jár.

## A hazai akkumulátorgyártás – társadalmi tükörben [4]

A lítiumion-akkumulátorok egyes részegységeinek gyártása rendre az adott profilra specializált, különálló üzemekben zajlik. A különféle részegységek hazai gyártásá-

ról az online sajtóban található egy friss és térképes illusztrációval ellátott összefoglaló [5]. Az akkumulátorok gyártásáról több részletes online összefoglaló is elérhető (pl. [6]). Az alábbi elemzés csak kifejezetten az akkumulátorok összeszerelésével kapcsolatos üzemekre vonatkozik (noha a katódgyárak és a megsemmisítő üzemek is sok veszélyforrást rejtnek, akár csak az alapanyagok tárolása és szállítása).

A hazánkba telepített akkumulátorgyárak üzemépületeinek felépítéséhez a tulajdonosok jellemzően saját országukhoz kötődő vállalkozásokat keresnek, de legjobb esetben is a kormány által kedvezményezett cégekkel szerződnek. A gyártósorok teljes mértékben külföldi eredetűek. Disztribútorként dolgozó ismerőseim szerint még az olyan vizsgálati berendezéseket is a gyár részeként hozzák Magyarországra, amelyekre a hazai forgalmazónak egyébként kizárólagos hazai eladási jogosultsága volna, kizárva ezzel a hazai vállalkozót a telepítés hasznából. Semmiféle – akár a termék minőségét magát, akár a gyártási folyamatot érintő – fejlesztés, innováció vagy hozzáadott értéket nyújtó hazai tudás integrálása nem történik meg. Ebből a szempontból hiába is tituláljuk a folyamatot „magas technológiai tartalmú” gyártási eljárásnak, ennek nincs hazai tudásbővítéshez vezető tovagyűrtő hozadéka. Az akkumulátorgyár e tekintetben nem más, mint bármilyen más profilú összeszerelő üzem. A hazai kutatóhálozat sem részesül a gyárak telepítése révén semmilyen megrendelésből, és végképp nem jut szóhoz a fejlesztésben. Különösen igaz ez akkor, ha még a gyártósorokat üzemeltető személyzet is jórészt külföldi, ami egyre inkább tipikussá válik ezekben az üzemekben.

A lítiumion-akkumulátort gyártó üzemek az alapanyagok származási helyét tekintve szinte teljes mértékben importált alapanyagokból dolgoznak. Hazánkban nem található meg sem az elektroaktív anyagok fémkomponenseinek, sem az elektródhordozó fóliák fémeinek ércei. A gyártási folyamat energiaszükségletének fedezete is kérdéses, csakúgy, mint a gyárak vízszükségletének biztosítása. Különösen kedvezőtlen, hogy gyártás vízszükségletét több helyen nem felszíni vizekből, hanem ivóvíz minőségű vizet nyújtó, mélyfúrású kutakból próbálják meg fedezni, csökkentve az amúgy is szűkülő felszín alatti vízbázisokat.

A gyár tulajdonosának nemzeti hovatartozásától függetlenül a telepítés lényege a gazdasági előny, és a megtermelt haszon előbb-utóbb a tényleges tulajdonoshoz vándorol, miközben a gyár telepítéséhez a magyar állam sokfajta kedvezményt nyújt (ráadásul hatalmasat). A gyárak létesítése jellemzően zöldmezős módon, gyakran értékes és nem pótolható termőföld feláldozása árán történik. Ez önmagában is veszteség, még akkor is, ha biztosak lehetünk abban, hogy nincs semmiféle további járulékos károkozás. A tapasztalatok azonban nem azt jelzik, hogy az üzemek biztonságosan működneek. Üzemen belüli biztonsági incidensek sora kapott az utóbbi időben sajtónyilvánosságot, és a kisebb balesetek között nagy lehet a látens hányad is. Jellemző, hogy az akkumulátorfeldolgo-

zás során történt balesetek, köztük a nemrég két halál-ese- tet követelő tragédia sem szokványos sajtóhírként lett is- mert, hanem oknyomozó újságírói tényfeltárás révén [7]. Innen tudjuk azt is, hogy az áldozatok magyarul nem be- szélő, vendégmunkásként dolgozó külföldi állampolgár- ok voltak (részben emiatt lehet, hogy az incidenst nem kí- sérte közfelháborodás). Külföldi munkást foglalkoztató külföldi tulajdonú üzemenél még az is kérdéses, hogy mely ország törvényei vonatkoznak a munkaszerződésre, így a hazai szabályozás esetleg nem is irányadó, a hazai érdek- védelmi szervezetek pedig ilyen viszonyrendszerben nem jutnak szóhoz.

Ugyancsak számottevő az üzemen kívüli hatások sora, így például a zaj, pára, vagy a súlyosan szennyező vegyü- letnek megjelenése a talajvízben és a kutakban. Tipikus környezetkárosító magatartás a hulladékok szabálytalan tárolása vagy kifejezetten veszélyes hulladékok ártalmatlan- lannak minősítése. A biztonsági szabályok megsértésével kapcsolatos bírságok azonban közismerten olyan csekély összegűek mind az üzemek létesítéséhez adott támogatá- sokhoz, mind a jövedelmezőséghez mérten, hogy sem- milyen visszatartó erőt nem jelentenek, így nem töltik be azon céljukat, hogy a szabályszegő magatartás megszűn- jön.

Az akkumulátorgyárak társadalmi fogadtatása igen ve- gyes, de többnyire élesen elutasító. A tiltakozásokról szóló híradásokat számba sem érdemes venni, a lista olyan gyorsan bővül. Ennek egyértelmű oka az átláthatatlan el- lenőrzési rendszer, az erőltetett állami szerepvállalás és a helyi érdekek szélsőségesen agresszív kiszorítása min- denféle döntési folyamatból. Az akkumulátorgyár-telepíté- si láz a részvételi demokrácia látványos kudarca: a ter- vezés fázisában a közmeghallgatásokat már személyes részvétel nélkül is meg lehet tartani, a telepítésre szánt te- rületek kikerülhetnek a helyhatóságok ellenőrzése alól, így a működéssel járó iparüzési adótól az önkormányzat- ok szintén eleshetnek. Az előzetes kontroll lehetősége már az üzemek telepítésekor elvész a helyi közösségek számára, és az üzem működése során fellépő környezeti károk világos felmérésében sem jut szerep egyetlen olyan szerveződésnek sem, amely nem közvetlenül érdekelt a beruházásban. Ez nagyfokú bizalmatlanságot szül, ami el- keseredett reakciókba torkollik.

Érdemes emlékeztetni rá, hogy 2000-ben a Sanyo cég dorogi akkumulátorgyárának építése során nem volt a maival összemérhető állami szerepvállalás a beruházás mögött, és nem is kísérte lakossági felháborodás az üzem létesítését, amely 2008-ig működött ismert biztonsági in- cidens nélkül. Jelentős különbség, hogy ez a gyár mobil- telefonokhoz gyártott akkumulátorokat (sokkal kisebb teljesítmény). A gyár készen kapta az alapanyagokat, ame- lyeket két zárt rendszerű gyártósor dolgozott fel. Az auto- matizált gyártósorok nem igényeltek sok munkaerőt, az üzem létesítése mégis nagymértékben csökkentette az ak- kori munkanélküliséget, főleg a csomagolóban történő foglalkoztatás által. Itt a létesítésnek tehát legalább a mun- kaerőpiaci feltételei megvoltak, akárcsak az üzem saját

vállalásai a magyar társadalom felé (a csomagolás is auto- matizálható lett volna, de az üzem vállalta a többletmun- kaerő foglalkoztatását).

## Van-e végső mérleg?

A lítiumion-akkumulátorok mára a hordozható elektroni- kai eszközök és az elektromos járművek üzemeltetésének alapvető és nélkülözhetetlen részévé váltak. A helyes út emiatt nem az akkumulátorok száműzése, hanem ezek megfelelő tudatossággal történő előállítás, alkalmazása és újrafelhasználása. Ebben a társadalomnak a szabályo- zási folyamatok biztosítása révén ugyanúgy megvan a sze- repe, mint az egyénnek a maga környezettudatos maga- tartásával. Magyarországot tekintve az akkumulátorgyárak tömeges, túlzott telepítése egyaránt jelent környezeti és gazdaságszerkezeti kockázatot. Előbbihez a víz- és ener- giafelhasználás ugyanúgy hozzájárul, mint a károsanyag- kibocsátás, míg az utóbbi egy fejlettebb energiatárolási mód vagy eszköz piacképessé válása esetén járhat fájdal- mas következményekkel. Az erőltetett akkumulátorgyár- tást ugyan az autóipar érdekeivel szokták indokolni, de a monolit ipari szerkezet önmagában is mindig kockázati tényezőt jelent.

Magyar emberként érdemes emlékezni arra a legendá- ra, hogy őseink milyen módon hódították el a Kárpát-me- dendét a morva hercegtől. A fehér ló táplálásához szüksé- ges tiszta földből, fűből és vízből ugyanis nincs másik. A rossz stratégiai döntésekkel és az ezeket kísérő elégtelen szabályozással viszont épp ezektől foszthatjuk meg ma- gunkat.

### HIVATKOZÁSOK

- [1] Inzelt György: Kémiai Nobel-díj 2019-ben a lítiumion-akkumulátorok kifejlesztéséért. *Magyar Kémikusok Lapja* **75** (2020) 49–51 ([https://www.mkl.mke.org.hu/images/Nobel-dijak/2019\\_Kemiai\\_Nobel-dij.pdf](https://www.mkl.mke.org.hu/images/Nobel-dijak/2019_Kemiai_Nobel-dij.pdf))
- [2] Péter László: A 2019-es kémiai Nobel-díj háttéréről és a díjazottakról. *Magyar Tudomány* **181** (2020) 101–106 ([https://mersh.hu/hivatkozas/matud\\_f33304/#matud\\_f33304](https://mersh.hu/hivatkozas/matud_f33304/#matud_f33304))
- [3] National Geographic (magyar kiadás), 2019. 2. szám, 48–63.
- [4] Éltető Andrea: Akkumulátorgyártás Magyarországon. ELKH Közgaz- daság- és Regionális Tudományi Kutatóközpont, Világgazdasági Inté- zet, *Műhelytanulmányok* **147** (2023) 1–69. (<https://vgi.krtk.hu/publikacio/elteto-a-akkumulatorgyartas-magyarorszagon/>)
- [5] <https://24.hu/fn/gazdasag/2023/07/19/elektromos-akkumulatorgyartas-kina-szijjarto-peter-catl/>
- [6] <https://villanyautosok.hu/2023/03/02/igy-keszul-a-litium-ion-akkumulator>
- [7] <https://atlatso.hu/orszagszerte/2023/07/28/nem-egy-hanem-ket-ember-halalat-okozta-egy-geprobbanas-a-szigetszentmiklosi-akku-feldolgozoban/>

