



| Életkor | 2022 | 2021 | Változás |
|---------|------|------|----------|
| 56      | 121  | 112  | -6       |
| 57      | 117  | 110  | 5        |
| 58      | 108  | 121  | -2       |
| 59      | 112  | 117  | -9       |
| 60      | 120  | 135  | 3        |
| 61      | 124  | 116  | -11      |
| 62      | 108  | 107  | -8       |
| 63      | 88   | 83   | -19      |
| 64      | 76   | 74   | -7       |
| 65      | 48   | 38   | -26      |

| Életkor | 2022 | 2021 | Változás |
|---------|------|------|----------|
| 66      | 34   | 22   | -4       |
| 67      | 27   | 21   | 5        |
| 68      | 22   | 16   | 1        |
| 69      | 12   | 16   | -4       |
| 70      | 13   | 11   | -3       |
| 71      | 11   | 1    | 0        |
| 72      | 3    | 3    | 2        |
| 73      | 4    | 6    | 1        |
| 74      | 7    | 2    | 1        |
| 75      | 3    | 4    | 1        |

| Életkor  | 2022        | 2021        | Változás |
|----------|-------------|-------------|----------|
| 76       | 5           | 1           | 1        |
| 77       | 1           | 3           | 0        |
| 78       | 4           | 2           | 1        |
| 79       | 2           | 1           | 0        |
| 80       | 1           | 1           | 0        |
| 81       | 2           | 0           | 1        |
| 82       | 0           | 1           | 0        |
| 83       | 0           | 0           | -1       |
| 84       | 0           | 1           | 0        |
| <b>Σ</b> | <b>3588</b> | <b>3608</b> |          |

A táblázat adataiból az derül ki, hogy 2021 és 2022 között mindössze hússzal csökkent a kémia tanárok száma, noha a nyugdíjazási kort ennél lényegesen többen érték el, s a 30 évesnél fiatalabbak utánpótlása jóval csekélyebb volt. A legfurcsább azonban az utolsó oszlopban szereplő adatsor, ez az egy korcsoportba esők számának változását mutatja egy év alatt (tehát például a 2022-ben 48 évesek számából kivonjuk a 2021-ben 47 évesek számát). Ez a mutató igen jelentős, elsőre érthetetlen fluktuációra utal. A legkézenfekvőbb magyarázat az, hogy valójában az adatok nem a kémia tanárok, hanem a kémiát tanító tanárok számát mutatják. Mára

egészen általánossá vált ugyanis, hogy sok iskolában nincsen kémia szaktanár, ezért a „kémia”-órákat ilyen képzés nélküli pedagógusok tartják. Közöttük a természetes fluktuáció sokkal nagyobb lehet, mint a tényleges kémia tanárok között. Ezt az értelmezést megerősíti, hogy ugyanilyen jellegű adatsort 2018-ban az Oktatási Hivatal még „Kémiát tanító pedagógusok korfája” címmel adott ki, ahogy az a Magyar Kémikusok Lapja 2018. márciusi címlapján is szerepel. Így a statisztikai nyilvántartás módja eleve lehetetlenné teszi azt, hogy a közoktatásban dolgozó, szakképzett kémia tanárok számáról hivatalos forrásból adathoz lehessen jutni.



# Kémia a pórusokban

## Beszélgetés Kalmár Józseffel

*A beszélgetés annak a Horizont-programnak a kapcsán szerveződött, amelyben ürestergőkhöz fejlesztenek aerogél-alapú hőszigetelő anyagokat a Debreceni Egyetemen. Kalmár József az egyetem Szervetlen és Analitikai Kémiai Tanszékének habilitált docense. Tavaly elnyerte a „kiválók között is legkiválóbb” Bolyai-ösztöndíjasoknak járó Bolyai-plakettet, korábban az MTA Kémiai Tudományok Osztályának ifjúsági Polányi Mihály-díját. Aerogél-kutatásai tíz évvel ezelőtt kezdődtek. Ekkoriban szerezte meg PhD-fokozatát – nem akárhogy: létezik egy köztársasági elnöki határozat – írta témavezetője, Lente Gábor – kizárólag arról, hogy Kalmár József kitüntetéses doktor, az avatási ünnepségnek pedig mindössze két „dolga” volt: öt kitüntetéses doktort, Habsburg Györgyöt az egyetem díszpolgárává avatták.*

2004-ben érettségiztem, de Lente Gábort már korábbról ismertem, mert segített felkészülni országos és nemzetközi kémiai versenyekre – mondja Kalmár József. – Akkor már eldőlt, hogy vegyész szakra jövök a Debreceni Egyetemre. Amint az első félével végeztem, megkérdeztem Gábort, hogy kutathatnék-e a csoportjukban. Ő igent mondott, így az egyetem öt éve és a PhD-képzés alatt végig velem dolgoztam, tőle és a csoport vezetőjétől, Fábíán Istvántól tanultam. Mentoraimmal mindig összetett folyamatok mechanizmusát akartuk megérteni, ezt a fajta gondolkodást ők szeretették meg velem. A PhD-munka alatt egy évet az Egyesült Államokban tölthettem, ahol hasonló témán dolgoztam. Amikor hazajöttem, sajnos nem volt státusz az egyetemen. Két évig fejlesztőként dolgoztam a Teva Gyógyszergyárban – ahol az ipari szemlélettel ismerkedtem meg. Ott is kémiai kutatás lett a feladat, de ipari körülmények között, határidőre dolgoztunk, és az anyagi, jogi-szabadalmi szempontok is előtérbe kerültek, amiből sokat tanultam. Két év elteltével Fábíán István visszahí-

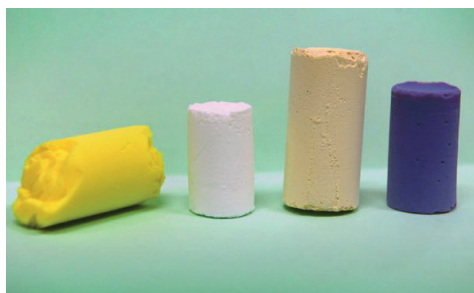
vott a Szervetlen és Analitikai Kémiai Tanszékre, ahol éppen volt egy betöltetlen állás. Ők akkor már néhány éve vizsgálták az aerogéleket, így a javaslatára ebbe a munkába kapcsolódtam be 2014 júniusában.

*Milyen anyagok az aerogélek?*

Nem egy anyagról van szó, hanem egy anyagcsaládról. Többféle aerogél létezik aszerint, hogy mi adja az alapvázat. Az a közös a „családtagnakban”, hogy mindegyik nagyon porózus: egy aerogéltömb térfogatának csak 10 százaléka, de előfordul, hogy csak 2–3 százaléka a szilárd anyag. A hézagokat, azaz a pórusokat levegő tölti ki – innen származik az elnevezés. Ezek a világ legkisebb sűrűségű szilárd anyagai. Egyes szilika- (szilícium-dioxid-) aerogélek ránézésre olyanok, mint az áttetsző füst, emiatt fagyott füstnek is hívják őket. Az aerogélekben a pórusok nanométeresek, és a különleges tulajdonságok részben éppen abból származnak, hogy az anyag nanostrukturált. Extrém kicsi a hő-



vezetésük, gázokat, folyadékokat is meg tudnak kötni, ugyanakkor a pórusrendszerük átjárható, mint a mosogatószivacs, ezért szűrőként vagy akár szeparációs membránként is használhatjuk őket. A vázalkotó anyagok változatosak, ezek határozzák meg az aerogélek tulajdonságait. A szilika-aerogélből álló tömb például szilárd, de törékeny, viszont bioanyagokból, akár már zselatinból is ellenálló, jól megmunkálható aerogélek születhetnek. Mostanában a szintetikus polimerekből készült aerogélek iránt is nagy az érdeklődés. Egy poliimid aerogél például hajlékony, nagy teherbírású, magas hőmérsékleten is stabil szigetelőanyag lehet.



Kapton, kevlár és funkcionális szilika-aerogél-tömbök

*Milyen rendszereket vizsgálnak a laborban?*

Engem főként az érdekel, hogyan befolyásolják az egész halmaz, azaz az aerogél tömbtulajdonságait a nanoszinten és a molekuláris szinten megjelenő szerkezeti elemek. Emellett tervezett funkcióval rendelkező aerogéleket is próbálunk csinálni, például olyanokat, amelyek értékes fémvegyületeket – palládium-, platina-, ezüst-, aranyvegyületeket – kötnék meg vízes oldatból, vagy katalitikusan aktívak a célzott reakciókban. Gyógyszerhatóanyag hordozására is nagyon jók az aerogélek, mert a pórusokba juttatott hatóanyagot akár elnyújtottan, akár nagyon gyorsan is le tudják adni adott feltételek mellett. Emellett új fizikai, kémiai, nagyműszeres jellemzési módszereket dolgozunk ki a tulajdonságaik értelmezésére.

Az anyagtudományi kutatásokban általában igyekeznek minél több új anyagot kifejleszteni, de annak a megértésére, hogy a legalapvetőbb szerkezeti jellemzők hogyan befolyásolják a makroszkopikus tulajdonságokat, kevésbé indítanak kutatásokat. Éppen ezért „szeretnek” bennünket az európai partnerek, mert mi ezt tudjuk beletenni a közös kalapba.

*Említette az előbb a gyógyszerhatóanyag-bevitelt: szinte a napokban publikálták egy olyan rendszer kidolgozását, amely alkalmas lehet a hatóanyag tüdőbe „repítésére”.*

Szakkifejezéssel élve „pulmonális gyógyszerhatóanyag-bevitel”-ről beszélünk, amikor a hatóanyagot közvetlenül a tüdő belsejébe akarjuk juttatni. Olyan mikrométeres aerogél-gömböcskéket állítottunk elő, amelyek nem tapadnak össze és nagyon hatékonyan porlaszthatók. Ezek a kis szemcsék 10-20 mikrométeresek, de az „aerodinamikai méretük”, amely megszabja, hogy meddig jutnak le a tüdőbe, az 5 mikronos tömör gömbökének felel meg! Ez a speciális hatás részben annak köszönhető, hogy a porózus aerogélnak a felületén is girbe-gurba csatornácskák vannak.<sup>1</sup>

*Hogyan készül ez az aerogél?*

Az alapanyag egy alginátsó. Az alginátok karboxilcsoportokat is tartalmazó poliszacharidok, amelyeket barnamoszatokból vonnak ki – ezeket főleg a Távol-Keleten termesztik. Az alginátsókat a mezőgazdaságban és az iparban is felhasználják; Magyaror-

szágon eddig egyetlen helyen találkoztam velük: a Pick Szegegyárt olyan ujjnyi vastag kolbászt, amelynek a műbele kalcium-alginátsóból készül.

*Alginátsóval akár a saját konyhánkban is gyárthatunk például csinos joghurtgömböket – mert a kalcium segíti a gélesedést (ahogy a molekuláris gasztronómiai leírások „tanítják”).*

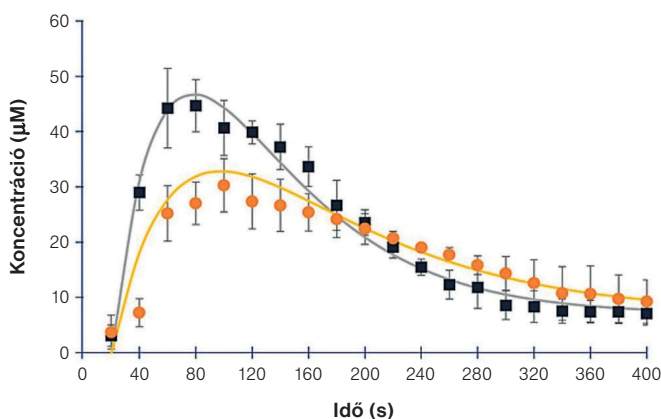
Igen, kalciumionokkal térhálóssítjuk a szerkezetet. Meleg vízben feloldja az ember a nátrium-alginátot, beletesz egy kevés kalcium-sót, és az oldat zselésedik. Ionotróp gélesítésnek hívjuk ezt a folyamatot.

*A laboratóriumban nehezebb dolguk lehet, mert mikrométeres méretű gömböket kell előállítaniuk.*

Ezért beleporlasztjuk a nátrium-alginát-oldatot egy kalcium-oldatba. És ehhez nemcsak pneumatikus porlasztást használunk, hanem a porlasztófej meg rezeg is.

*Hogy még kisebb gömböket kapjanak?*

Igen, és hogy még jobban szabályozzuk a folyamatot. Ez is újdonság, mérnöki fejlesztés eredménye. A kicsi golyókat utána úgy kell kiszáritani, hogy ne essenek össze – éppen ez az aerogél készítésének trükkje. Ehhez a vízből átvisszük őket egy olyan oldószerbe, amelyben szintén duzzadnak, de ezt szuperkritikus szén-dioxiddal maradék nélkül ki lehet mosni. A szén-dioxid eltávolítása után megkapjuk a lyukacsos, száraz golyókat. Utána betöltjük a pórusokba a hatóanyagot, esetünkben a beklometazon-dipropionátot (BDP). Ezt a szert általánosan használják asztma kezelésére. Nagyon rosszul oldódik vízben, de ha betöltjük az aerogélbe, akkor nem vesz fel kristályos formát, így a vízben szinte kirobban a hordozóból. Kvázitúltelt oldatot ad a tüdőszöveten egy bizonyos ideig.



**A BDP gyors felszabadulása a kalcium-alginát-aerogél hordozóból kétféle BDP-tartalom esetén (a négyzetek, illetve a körök a mért adatok; a folytonos görbék egy kinetikai modell alapján számított értékeket mutatnak; <https://doi.org/10.1016/j.cej.2024.149849>)**

Egyre több gyógyszeripari kísérletben töltenek porózus hordozókba hatóanyagot azért, hogy ott amorf formában maradjon. Az amorf hatóanyag a kioldódása során gyakran túlteltett oldatot képez, amelyből lassan válik ki a kristályos hatóanyag.

*Mi lesz az alginátsóval?*

Megduzzad, gélt ad, majd feloldódik, idővel lebomlik. Teljesen biokompatibilis, nem okoz gyulladási reakciót a szervezetben, ezt is teszteltük.

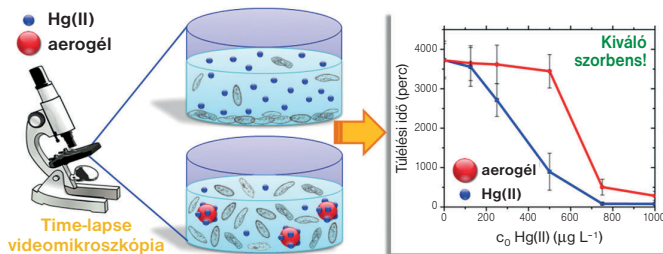
<sup>1</sup> <https://doi.org/10.1016/j.cej.2024.149849>



Korábban szóba került már a fémvegyületek megkötése is – és megint eszünkbe jut a konyha: egy higanyeltávolítási eljáráshoz szilika-zselatin hibrid aerogéleket állítottak elő, Dr. Oetker zselatinból...

Háztartási zselatinnal még mindig kísérletezünk, mert nagyon jó az affinitása a nehézfémvegyületekhez.

A hibrid aerogélt a laboratóriumi vizsgálatok mellett egy „öko-toxicológiai modellrendszeren” is teszteltük. Ez azt jelenti, hogy papucsállatkák túlélését követtük, mert a papucsállatkák meglehetősen érzékenyek a higanyszennyezésre. Amikor higanyt adtunk a kultúrához, kezdtek elhullani az állatkák, de ha volt mellettük aerogél, akkor jóval nagyobb higanykoncentrációnál érvényesült csak a toxikus hatás.<sup>2</sup>



**A szilika-zselatin aerogél a papucsállatka-kultúrában megköti a higanyvegyületeket, így nagyobb higanykoncentráció mellett is túlélnek** (<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.130019>)

Egy újabb munkában célzottan módosítottuk ezt a hibrid alapvázat: egymáshoz közeli karboxilcsoportokat építettünk be. Ez az új gél nagyon erősen és szelektív módon köti a vízben oldott palládium(II)vegyületeket, még erősen savas közegben, 2-es pH-n is. Azért fontosak az ilyen szorbensek, mert a palládium egyrészt nagyon-nagyon mérgező, el kell távolítani például a gyógyszeripari folyamatokban, másrészt nagyon drága, tehát akár egy-két százalék palládiumot is érdemes visszanyerni az ipari hulladékok feldolgozása során.<sup>3</sup>

*Térjünk vissza arra, amit a beszélgetés elején említett: az anyagszerkezeti tulajdonságok vizsgálatára.*

Ez az, ami engem a legjobban izgat: hogyan határozza meg a szerkezet a pórusos anyag tulajdonságait. Azt szeretnénk megérteni, többek között, hogy ha egy szilárd gél kölcsönhatásba kerül egy folyadékkal, például vízzel – ami azért fontos, mert a gyógyszerhordozók, katalizátorok, szorbensek általában vizes közegben működnek –, hogyan indul meg a felület hidratációja, hogyan telnek meg a pórusok, és ez a folyamat hogyan befolyásolja magának az aerogélnak a tulajdonságait. Meg tudtuk mutatni, hogy kicsi vízfelvételnél – mondjuk, 20-30 százalék relatív páratartalom mellett – egyes biopolimer és szintetikus polimer aerogélek először keményebbek lesznek, de ha még több vizet vesznek fel, akkor puhulnak. Ez azért nagyon érdekes, mert egy környezeti hatásra nemlineáris választ kapunk. Néha a magyarázat mégis viszonylag egyszerű. Képzelnünk el egy láncpolimerekből álló nanoszálát, amelyet hidrogénkötések tartanak össze. Amíg viszonylag kevés vízmolekula épül be ebbe a rendszerbe, ezek

még erősítik is a hidrogénkötés-hálózatot. Ha viszont sok vizet kap a rendszer, akkor a víz és a polimer mintegy szilárd oldatot képez, amitől csökken a hálózatra jellemző nyomószilárdság.<sup>4</sup>

A vízzel való kölcsönhatás jellege az aerogélek felhasználását is alapvetően befolyásolja. A kalcium-alginát gyógyszerhordozó esetében a víz kölcsönhatása olyan erős az alginátalapvással, hogy a víz lényegében leszorítja a hatóanyagot, amely így hamar oldatba kerül, még mielőtt az aerogél megduzzadna és a pórusok bezáródnának.

Olyan szilika-zselatin hordozókkal is „játszottunk”, amelyekben az összetétellel egyenletesen változik az aerogél duzzadása. Ha kevés a zselatin, akkor a hibrid gyorsan leadja a hatóanyagot, ha sok a zselatin, akkor a duzzadt gél csapdázza, ami végül lassú kioldódást eredményez.<sup>5</sup>

*Milyen vizsgálómódszereket használnak?*

Mindig két szinten kell gondolkodni: molekuláris szinten – egészen a másodlagos kölcsönhatások és a polimerek kémiai szerkezetének szintjén – és az alapváz nanométeres méretskáláján. Ehhez a másodikhoz inkább fizikai eszköztárat kell használnunk, például kisszögű szórás kísérleteket. Nagyon erős kapcsolatot építettünk ki a HUN-REN Energetikai Kutatóközpont Neutronspektroszkópiai Laboratóriumában Dudás Zoltánnal és Len Adéllal. Egyedülállóak azok a neutronszórás kísérletek, amelyekben a nedves váz torzulását tudjuk felderíteni nanométeres skálán. Molekuláris szinten a kölcsönhatásokat és egyes esetekben a váz átrendeződését általában nem klasszikus folyadékfázisú NMR-módszerekkel vizsgáljuk. Ezeket Bányai István professzor honosította meg Magyarországon, tőle tanultunk. A szilárd fázisú NMR-vizsgálatokat is szeretnénk továbbfejleszteni, ezen egy olasz csoporttal dolgozunk együtt.

Ha tehát összehozzuk a különböző módszereket, képet kapunk arról, hogy mi történik a rendszerben a molekuláris szintről a nanométeres méretskáláig haladva. A modellünket megpróbáljuk összeegyeztetni a tapasztalt makroszkopikus tulajdonságokkal – akár a mechanikai tulajdonságokkal, akár például a hatóanyag-leadással. Ezek után igyekszünk mechanizmust javasolni, próbáljuk megérteni a rendszer működését, hogy jobban tervezhető, javítható legyen.

*A tervezéshez most lehetőség nyílt a Horizont-programban.*

Igen, bár a mi Horizont-programunk tisztán ipari fejlesztés. Az Európai Bizottság, az Európai Űrügynökség (ESA) és az Európai Védelmi Űgynökség (EDA) kijelölték az EU stratégiai autonómiájának megteremtéséhez kritikus fejlesztési irányokat.<sup>6</sup> Ebben szó szerint szerepel az az igény, hogy az EU-ban létre kell hozni olyan aerogélfejlesztő és -gyártó helyeket, amelyek kiszolgálják az űripárt. Ennek kapcsán kiírtak egy Horizont-pályázatot hőszigetelő megoldások fejlesztésére, amelyhez a Német Légügyi és Űrkutatási Központ (DLR) szervezett egy konzorciumot, és bennünket is meghívott – mert az EU-ban egyedül nekünk volt a kellő tapasztalatunk szintetikus polimer aerogélekkel.

Az EU legnagyobb űreszközyártói, a Thales Alenia Space és az ArianeGroup definiálták a megoldandó problémákat és specifikálták az elvárt tulajdonságokat: előírták például a hőszigetelő megoldásokra vonatkozó vastagságot, sűrűséget, hőáteresztő és infraszugázás-visszaverő képességet. A partnerektől, köztük tőlünk várják az ennek megfelelő új anyagokat. A mi polimer aerogéljeink szerencsére teljesítik az elvárásokat, de még csak a kis léptéknél tartunk. A program harmadik évének a végére, másfél év múlva, olyan minőségű és méretű anyagokat kell produkál-

<sup>2</sup> <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.130019>

<sup>3</sup> <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2022.156026>

<sup>4</sup> <https://doi.org/10.1021/acsami.0c17012>, <https://doi.org/10.1002/admi.202300109>

<sup>5</sup> <https://doi.org/10.1016/j.actbio.2020.01.016>

<sup>6</sup> [https://defence-industry-space.ec.europa.eu/joint-task-force-jtf-evolution-powering-strategic-autonomy-space-2023-05-10\\_en](https://defence-industry-space.ec.europa.eu/joint-task-force-jtf-evolution-powering-strategic-autonomy-space-2023-05-10_en)





nunk, amelyeket már a valós, űrbelivel megegyező körülmények között tesztelhetnek.

*Titok, hogy milyen polimerekről van szó?*

Nem, mert ez a stratégiai célokról szóló dokumentumokban is megjelenik, és a NASA is már régóta dolgozik ilyen anyagokkal: tipikusan kapton és kevlár polimerekkel; mindkettőt a DuPont fejlesztette ki. A kevlárt jobban ismeri az ember, kaptonnal általában narancssárga vagy citromsárga fóliák, szigetelőszalagok formájában találkozhatunk, főként az elektronikában, űrtechnikában. Egyes polimidek nagyon kicsi és nagyon nagy hőmérsékleten is szinte ugyanolyan mechanikai tulajdonságokat mutatnak: nem kristályosodnak, nem lesznek ridegek, nem lágyulnak. Ha ezekből (például kaptonból) készítünk aerogélt, akkor óriási mértékben javulhat a hőszigetelő tulajdonságuk.

*Egyik nyilatkozatában említette, hogy a lapokat bevonatolni, majd rétegezni kell, így kerülnek fel az űreszközre.*

A rétegzés a projekt egyik alrendszerének elvárása. A műholdakról készült fotókon rendszerint csillogó narancssárga fóliákat látunk: ezek többrétegű (multilayer, MLI) szigetelések; elsősorban alumíniumozott kaptonrétegekből állnak: együtt jobb az infraszugárzás-visszaverő képességük. Nekünk ehhez hasonló, de jobban teljesítő megoldással kell előállnunk.



**A Cassini űrszondát 24 rétegű borítás védte, köztük alumíniummal bevont kapton (NASA)**

*A projektben kísérleti üzem felállítása is szerepel – gondolom, a méretes darabok előállítását miatt.*

Igen, nekünk monolitokat kell gyártanunk. Ezeket egy darabban kell kiszárítanunk, ezért viszonylag nagy térfogatú, professzionálisan szabályozott reaktorokra van szükségünk, amelyek működtetése „félüzemi” rendszert igényel. Ez már készen áll az egyetemen: programozható, jól szabályozható, nagy teljesítményű berendezések, amelyek megfelelnek az elvárt ipari normáknak.

*Esetleg gyártásra is használják majd a félüzemet, ha befejeződik ez a program?*

Számítunk rá. Európában még csak kis startup aerogélgártó cégek vannak, amelyek egy-egy alapanyagra, például szilikára vagy egy adott polimerre szakosodnak, de mostanában már felmerül az igény, hogy a speciális alkalmazásokra is folyamatos üzemű,

ipari termelőhelyeken állítsanak elő aerogélt. Áthidaló megoldásként Németországban, Jülichben épül egy kísérleti üzem 800 literes szárítókapacitással, ami nagyon nagy szám. Ha ezután Európában valaki üzemésíteni akar egy adott folyamatot, de hiányzik hozzá a megfelelő technikai háttér, akkor ott „bérfejlesztésben” meg lehet vizsgálni egészen a léptéknövelés végéig, hogy üzletileg rentábilis-e a gyártás, és ha igen, akkor ki lehet vinni a technológiát egy új cégbe, ahol megvalósul a folyamatos termelés. Egyelőre viszonylag kicsi ez a piac, és az európai felhasználók eddig az Egyesült Államoktól, Kínától vették meg azt, amire szükségük volt. Mivel az aerogélek stratégiai anyaggá válnak, Európának is szüksége lesz önálló gyártókapacitásra.

*A hétköznapi szintjén is megjelennek már az aerogélek?*

A vegyiparban egy évtizede jelen vannak, de egyre közelebb kerülnek a hétköznapiakhoz. A jelenlegi globális piacot egymilliárd dollár körüli teszik, ami nem nagy: egy közepes méretű gyógyszercéznek ötmilliárd dollár körül lehet évente az árbevétele. Az aerogéleket hőszigetelő anyagként használják például, de főleg ipari méretű desztillálókolonnák, speciális csővezetékek esetében, leginkább az olajiparban, a polimeriparban. Az építőiparban is megjelentek az aerogél hőszigetelőtömbök, de ezek annyival drágábbak a hagyományosnál, hogy csak műemlékekhez, speciális gyárakhoz, „zéróenergiás” házakhoz érdemes őket használni.



**Az aerogéllapok – az akkumulátor hőszigetelése mellett – az akkumulátoregységek potenciális hőmegfűtésének átterjedését is megakadályozzák (jiosaerogel.com)**

A szokásos tíz- vagy húszcentis hőszigetelő réteg helyett aerogélből egy-két centi is ugyanazt a teljesítményt nyújtja.

Az akkumulátoripar óriási fejlődése magával fogja húzni az aerogélipart is, mert az autókban lévő cellablokkok szigetelésében, elválasztásában nagy előny, ha könnyű és vékony aerogéllapokat használnak. Kínában úgy nyolc éve létrehoztak egy óriási üzem: ez az IBIH Advanced Materials most a világ legnagyobb aerogélgártója; a debreceni CATL akkumulátorgyárba is szállít majd aerogélpaneleket. Találkoztunk a képviselőikkel, akik azt mondták, egyelőre a logisztikát tudják csak megoldani, de a jövőben megfontolják gyártóüzem létesítését is Magyarországon. Néhány éven belül óriási keresletnövekedés várható az aerogélek iránt. Részben ezért, részben pedig a gyógyszeriparban, a körforgásos gazdaságban és a katalízisben rejlő, még kiaknázatlan lehetőségek miatt az IUPAC 2022-ben a legígéretesebb kutatási irányok közé sorolta az aerogélek fejlesztését.<sup>7</sup> sv

<sup>7</sup> <https://iupac.org/iupac-2022-top-ten/>