

## Háromszor több a higany az óceánokban

A higany nagyrészt a fosszilis tüzelőanyagok használatából és az aranybányászatból származik. Egy tíztagú amerikai–francia–holland kutatócsoport a nem szerves eredetű higany mennyiségét vizsgálta, amely az óceánokban átalakul – a tengeri állatokban található – mérgező metil-higannyá. A higany koncentrációja a vízmélység szerint eltérő: általában magasabb a felszín közelében és a közepes mélységben, mint az óceánok mélyén. Az Atlanti-óceán északi részén azonban már több mint 1000 méteres mélységben is magas a higanykoncentráció. A felszín és a száz méteres óceáni mélység között a koncentráció 3,4-szer haladja meg az iparosodás előtti szintet. „Százról ezer méteres mélységig körülbelül 150 százalékkal magasabb a több mint egy évszázaddal korábbi szintnél” – mondta Carl Lamborg kutatásvezető, a massachusettsi Woods Hole Óceánkutató Intézet geokémikusa a Nature híroldalának. A tengeráramlatok némileg tompítják a higanyszennyezés következményeit. A hűvösebb, sósabb, sűrűbb vizek lesüllyednek, ez pedig jelentősen csökkenti a higanykoncentrációt a felszínhez közeli vizekben, ahol a leggazdagabb az élet. Ez azért lényeges, mert a higany a felhalmozódás miatt annál mérgezőbb, minél tovább halad a táplálékláncban. Egy csúcsragadozó – mint az előszeretettel fogyasztott tonhal – húzában tízmilliószor nagyobb a koncentrációja, mint abban a vízrétegben, amelyben a hal él. (ORIGO, 2014. 08. 07. 15:58)

Emberi tevékenység miatt évente körülbelül 2000 tonna higany jut a levegőbe és a felszíni vizekbe. 2013 októberétől nemzetközi egyezmény korlátozza a folyékony fém felhasználását. 1956 tavaszán és nyarán sok halász fordult orvoshoz furcsa panaszokkal a Minamata nevű japán kisvárosban. Zsibbadt a kezük és lábuk, nem bírtak lábra állni, járni vagy akár csak megszólalni. A betegek közül tizenheten még az év végéig meghaltak. A vizsgálat szerint metilhigany- mérgezés történt, és az anyag bizonyítottan a közeli Chisso vegyiművekből származott. Az üzemben 1908-ban indult a műtrágyatermelés, 1932-től az acetaldehid-gyártáshoz higany(II)-szulfátot kezdtek használni katalizátorként, aminek melléktermékeként metil-higany ( $\text{CH}_3\text{-Hg}$ ) keletkezett. Ezt a Chisso szűrés nélkül engedte a tengerbe, és felhalmozódott a halakban. A hasonló tragédiák esélyét igyekeznek csökkenteni az ENSZ-egyezmény, amelyet 2013. október 10-11-én írtak alá Minamatában.

## Nem könnyű tetten érni a higanyégetést

A higanyszennyezés 42 százalékaért az aranykitermelés felelős. Az egyezmény tiltja a higany alkalmazását a kitermelés során, az intézkedés betartatása azonban kérdéses. 2012-ben 15 millióan foglalkoztak kisipari aranykitermeléssel Latin-Amerikában, Afrikában és Ázsiában, és legalább 1600 tonna higanyt használtak föl. Ennyi embert nem lehet ellenőrizni, és egycsapásra korszerűbb technológiára átállítani. Az arany világpiaci ára emelkedik, így az arany után kutatók száma biztosan nem csökken. De az egymás előtt is titkolózó aranyásókat nem könnyű tetten érni higanyégetés közben, a felvásárló pedig nem tudja megmondani az elé tett aranyrögökről, hogy melyiket milyen módszerrel nyerték ki az ércből.

Az aranyérchez azért adnak higanyt, mert az valóságos szívacsként szívja magába a sárga fémeket. Utána a keveréket elégetik, és az aranyásó tálkájában ott marad a tiszta arany – a tüdejében és a környezetében pedig a higany, még hozzá beláthatatlanul hosszú időre. A perui Madre De Dios szövetségi államban, ahol hagyományosan rengetegen üzik ezt a mesterséget, a helyi lakosok hajszálaiban háromszor annyi higany mutatható ki, mint amennyi az Egyesült Államok környezetvédelmi hivatala (EPA) által megengedett érték.

A perui szennyezésnek hosszú távon tragikus következményei lesznek: a higany sejtpusztulást okoz, és a fém szerves vegyületei veszélyesebbek a szervetleneknél. A Minamatában történtek miatt ma már tudjuk például, hogy a metil-higany a leggyakoribb és a leginkább mérgező a higanyszármazékok közül. A rendkívül reakcióképes vegyület felhalmozódik a szervezetben, a természetes tápláléklánc körforgásába bekerülve évtizedekig okoz megbetegedéseket, fej- és végtagfájdalmat, szív- és keringési problémákat, autoimmun betegségeket, bénulást, vakságot és idegrendszeri zavarokat. A Minamata-kórnak elnevezett betegség az érintett japán településen további haláleseteket okozott az eltelt közel hat évtizedben. A változó dózisú metil-higany- mérgezés nemcsak az akkori felnőtteket érintette, hanem máig szedi áldozatait: magas a különféle fejlődési rendellenességgel született gyerekek aránya is.

(<http://www.origo.hu/idojaras/20130930-higanyszennyezés-mereg-tunet-minamata-amalgam-az-arany-sotet-oldala.html> <http://kornyezetblog.weebly.com/zoli/-alrtk-a-higanyrl-szl-minamata-egyezmnnyt>)

### Metil-higany

Metil-higany elsősorban a táplálékkal, főleg halak és haltartalmú élelmiszerek fogyasztása révén kerülhet szervezetünkbe. Az étkezés útján bekerülő higany 85 %-a halakból származik, és az ily módon felvett higany 90-100 %-a metil-higany formájában van. Az „elfogyasztott” mennyiség mintegy 90-100 %-a felszívódik a bélrendszerből, bekerülve a véráramba eljut szinte minden fontos szervünkhöz. Metilcsoportja révén könnyedén áthatol a sejtmembránon, a vér-agy gáton, fő raktározó szerve az agy. A szerves higanyvegyületek képesek a vörösvértestekbe bejutva a hemoglobin molekulához kötődni, ily módon bekerülhetnek a placenta vérkeringésébe is, majd felhalmozódhatnak a fejlődő magzat vérében és agyában, súlyos idegrendszeri károsodást, fejlődési rendellenességet okozva ezzel. Az agyban a metilhigany demetilálódik, szervetlen higanykomponens lesz belőle. Valószínűleg ez utóbbi felelős az idegrendszeri károsodásokért. Az összes higanymódosulat közül a metil-higanyt tekintik a legtoxikusabb formának, melynek oka a fent említett sajátságain kívül az a tény, hogy rendkívül hosszú idő alatt ürül ki a szervezetből. /részlet egy PhD értekezéséből (BME, 2007)/

- A szöveg alapján soroljon fel három lehetséges forrást, ami környezeti higanyszennyezést okozhat!
- Mi a magyarázata annak, hogy a higany „valóságos szivacsként szívja magába a sárga fémét”? (Az erre használt általános elnevezést adja meg!)
- Mi a magyarázata annak, hogy az így nyert keverékből, annak „elégetésével” tiszta arany nyerhető?

	higany	arany	a Bunsen-égő lángjának hőmérséklete: kb. 1500 °C
olvadáspont	-39 °C	1064 °C	
forráspont	357 °C	2970 °C	

- Milyen formában kerülhet a higany a levegőbe?
- Ha a környezetünkbe higany kerül, a fenti veszély elkerülése miatt képporral szórjuk le a területet. Mi történik ekkor? Reakcióegyenlettel válaszoljon!

f) Milyen mértékben növekedett az óceánok higanytartalma a felső (100 m mélységig terjedő), illetve a mélyebb (100-1000 m mélységig terjedő) vízrétegekben az iparosodás előtti időszakhoz képest?

g) Milyen módon juthat a tengerből a higany az emberi szervezetbe?

h) Adja meg a szövegben szereplő, katalizátorként is használt higanyvegyület képletét!

i) Melyik vegyület formájában kerülhet higany az emberi szervezetbe a legnagyobb mennyiségben? Miért nagyon veszélyes ez a forma az emberi szervezetben? Soroljon fel legalább három indokot! Milyen károsodásokat okozhat a higany a felnőttek, illetve az újszülöttek szervezetében? Soroljon fel két tünetet!

(2016. október)

**Megoldás:** (14 pont)

- a)** Fosszilis tüzelőanyagok égetése, aranybányászat, *(két válaszért együtt)* **1 pont**  
katalizátor ipari folyamatoknál (pl. az acetaldehid-gyártásnál) **1 pont**
- b)** (higany-arany) amalgám *(ötvözet is elfogadható)* **1 pont**
- c)** A higany a magas hőmérsékleten higanygőzzé (gázzá) alakul, **1 pont**  
az arany visszamarad folyékony formában. **1 pont**
- d)** A higany gázhalmazállapotban (elemi formában) kerülhet a levegőbe. **1 pont**
- e)**  $\text{Hg} + \text{S} = \text{HgS}$  **1 pont**
- f)** 0-100 m között 3,4-szeresére növekedett, **1 pont**  
100-1000 m között 2,5-szeresére (150 %-kal) növekedett  
*(csak a két helyes válasz esetén jár a pont)*
- g)** Bekerül a vízi élőlények szervezetébe és onnan az emberi szervezetbe. **1 pont**  
*(hasonló értelmű válasz is elfogadható)*
- h)** Higany(II)-szulfát:  $\text{HgSO}_4$  **1 pont**
- i)** Metil-higany **1 pont**  
Pl. metilcsoportja révén könnyen felszívódhat a bélrendszerből,  
átjuthat a sejtmembránon, eljuthat a vérkeringésbe, kötődhet a hemoglobinhoz,  
eljuthat az agyba.  
*(legalább két indok megadása 1 pont, legalább három indok megadása 2 pont)* **2 pont**  
Kéz-, lábzsibbadás, teljes gyengeség, nem tud a beteg lábra állni, beszélni,  
Minamata-kór, idegrendszeri elváltozások, fejlődési rendellenességek (újszülött)  
*(két tünet, károsodás megadása esetén)* **1 pont**