

## Elektronikai hulladékok kritikus elemeinek primer bányászati termelésének alakulása

### Evolution of primary mining production of critical elements of electronic waste

VIRÁG Zoltán<sup>1</sup>, MAGYAR Tamás<sup>2</sup>, SZARVAS Beáta<sup>3</sup>

<sup>1</sup>egyetemi docens, Miskolci Egyetem, Bányászati és Geotechnikai Intézet,  
3515 Miskolc-Egyetemváros,  
zoltan.virag@uni-miskolc.hu

<sup>2</sup>egyetemi adjunktus, Debreceni Egyetem, Víz- és Környezetgazdálkodási Intézet,  
4032 Debrecen, Böszörményi út 138, magyar.tamas@agr.unideb.hu

<sup>3</sup>doktorandusz, Miskolci Egyetem, Bányászati és Geotechnikai Intézet,  
3515 Miskolc-Egyetemváros,  
beata.szarvas@uni-miskolc.hu

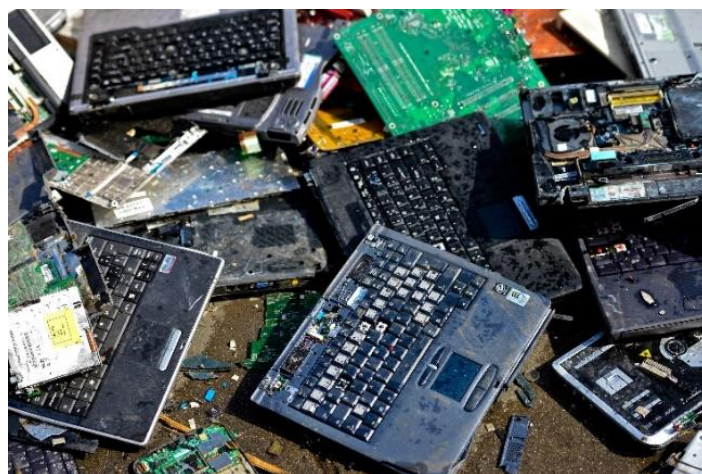
#### Abstract

*Electrical equipment e.g. smartphones, notebooks represent one of the fastest growing waste (WEEE) streams. These electrical devices contain a lot of rare earth elements, platinum group metals, precious metals and other valuable metals. Critical raw materials can be recovered from electronic waste and recycled into the manufacturing process, thus significantly reducing dependence on primary sources, but the mining of these remain strategic importance.*

**Kulcsszavak:** WEEE, elektronika, notebook, bányászat, stratégia.

#### 1. Bevezetés

A technológiai fejlődés minden évben több és több elektronikai hulladékot von maga után (*1. ábra*). Ezek az elektronikai eszközök jelentős mértékben tartalmaznak ritkaföldfémeket, nemesfémeket, platina csoportos fémeket és egyéb értékes fémeket. A legismertebb elemek, mint a réz, alumínium vagy nemesfémek jelentőségével gyakran mindenki tisztában van, viszont kevesen tudják, hogy kevésbé ismert egyéb elemek szintén alapvető fontosságúak modern technikai életünkben [4].



1. ábra

*Notebookok, mint elektronikai hulladékok*

Ezeknek a kevésbé közismert manapság már stratégiai fontosságú ritka elemeknek a bányászatában jelenleg kevés ország osztozik. Ezért az Európai Unió SECC(2008)2741 számú kommunikációjában [2] irányt mutatott arra vonatkozóan, hogy az EU országaiban újra kell indítani a stratégiai fontosságú ásványi nyersanyag készletek felmérését. 2017-ben adta ki a „Raw Materials Group” az ehhez kapcsolódó jelentését [3]. A jelentés az EU tagországainak várható ipari igényeinek és a lehetséges beszerzési források szerint rangsorolva 27 olyan nyersanyagot nevez meg, amelyekből 2030-ra az európai gazdaságban jelentős szükséglet alakulhat ki és nagymértékben behozatalra szorulhat. Korábban a készletekkel már foglalkoztunk [5], jelen cikkben az elektronikai hulladékokban található kritikus nyersanyagok primer forrásokból történő fellelhetőségének alakulását ismertetjük egy CCFL képernyős notebook példáján keresztül.

## 2. Notebookokban található kritikus elemek

Napjainkban az elektronikus és elektronikai eszközök – pl. notebookok és mobiltelefonok – egyre nagyobb arányban válnak hulladékká. Ezek az eszközök így fontos másodnyersanyag-forrásokká válnak. A hulladékká vált eszközökből a kívánt kritikus nyersanyagok visszanyerhetők, a gyártási folyamatba visszaforgathatók, így a primer forrásoktól történő függőség jelentősen csökkenthető. Az 1. táblázatban a hideg katódos fluoreszcens (CCFL) háttérvilágítású notebookokban található kritikus nyersanyagok mennyisége látható.

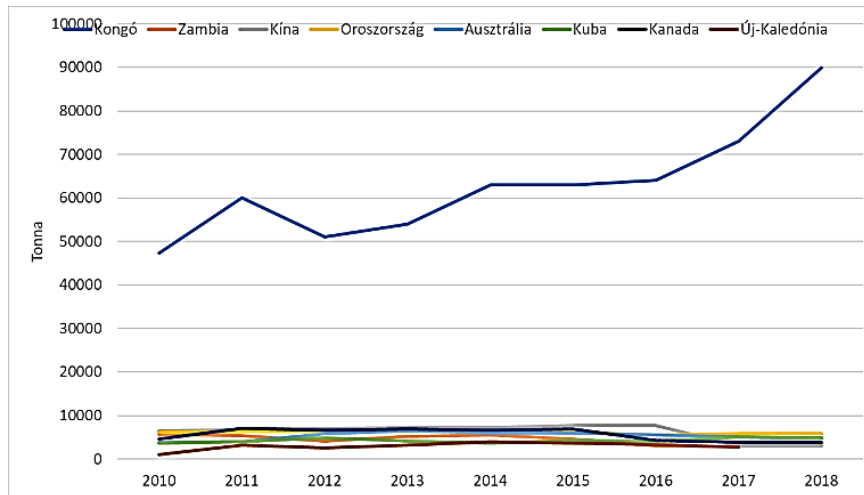
Kritikus nyersanyagok		Notebook (CCFL) [mg]	Előfordulás helye és mértéke az eszközön belül
Kobalt (Co)	-	65000	Li-ion akkumulátor (100%)
Neodímium (Nd)	Ritka földfémek	2100	Orsós motorok (37%), lengőtekerceses gyorsítók (33%), hangszórók (30%)
Prazeodímium (Pr)		270	Lengőtekerceses gyorsítók(53%), hangszórók (47%)
Diszprózium (Dy)		60	Lengőtekerceses gyorsítók (100%)
Gadolínium (Gd)		0,01	Háttérvilágítás (100%)
Cérium (Ce)		0,08	Háttérvilágítás (100%)
Európium (Eu)		0,13	Háttérvilágítás (100%)
Lantán (La)		0,11	Háttérvilágítás (100%)
Terbium (Tb)		0,04	Háttérvilágítás (100%)
Ittrium (Y)		1,8	Háttérvilágítás (100%)
Tantál (Ta)		-	1700
Indium (In)	-	40	Kijelző és háttérvilágítás (100%)
Palládium (Pd)	Platina csoport	40	Alaplap (64%), egyéb NYÁK lapok (36%)
Platina (Pt)		4	Merevlemez meghajtó (HDD) korongok (100%)

1. táblázat A CCFL háttérvilágítású notebookokban található kritikus nyersanyagok mennyisége [1]

### 3. CCFL háttérvilágítású notebookokban található kritikus elemek primer fellelhetőségei

#### 3.1. Kobalt

A világ kobalt termelésének a 94 %-a nikkel- (50%) és réz- (44%) kitermelési és gyártási folyamata során keletkezik. A világ kobalt termelésének mindössze 6%-a irányul közvetlenül a kobalt kinyerésére. A primer források többsége Afrikában található. A termelés döntő hányadát a Kongói Köztársaság adja, melyhez képest szinte eltörpül a többi jelentős ország termelése (2. ábra). A kobalt készletekkel kapcsolatos kutatások eredményeként megállapították, hogy a világ kobalt készletének becsült értéke 6,9 millió tonna.

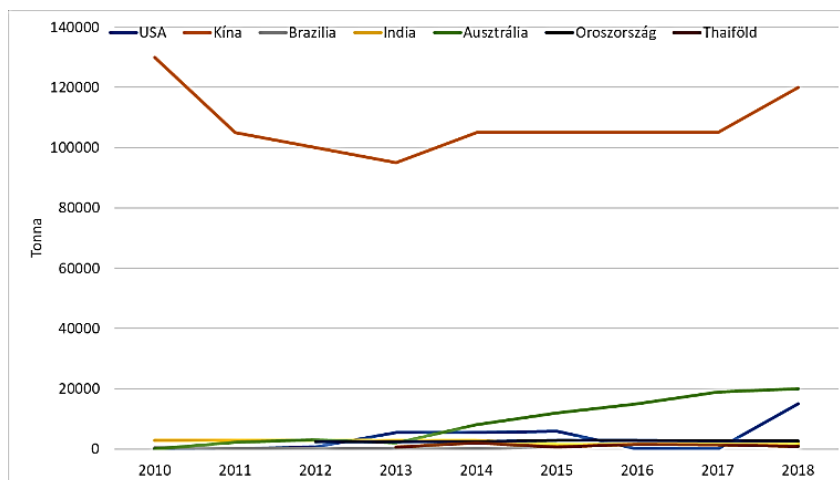


2. ábra

A világ vezető kobalt termeléseinek változása az elmúlt évtizedben [6]

#### 3.2. Ritkaföldfémek

A világ ritkaföldfém készletének (kivéve a Szkandiumot) becsült értéke 120 millió tonna. A termelés mértéke az utóbbi években nőtt, amelynek nagy részét Kína állította elő és Ausztrália és az USA növelte a kitermelését (3. ábra). Az előrejelzések alapján megállapítható, hogy Kína a közeljövőben a saját ritkaföldfém termelését teljes mértékben fel fogja használni, ezért számos, a ritkaföldfémek kinyerésére irányuló projekt indult el nemrégiben. Jelentős készletek vannak még Brazília, Vietnám és Oroszország területén.

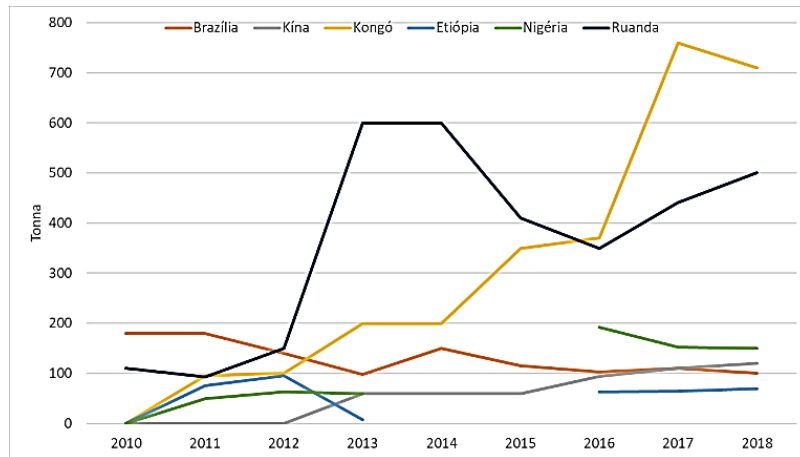


3. ábra

A világ vezető ritkaföldfém termeléseinek változása az elmúlt évtizedben [6]

### 3.3. Tantál

A tantál tartalmú ásványok (tantalit -  $(\text{Fe},\text{Mn})(\text{Ta},\text{Nb})\text{2O6}$ , wodginit -  $\text{MnSnTa2O8}$ , mikrolit -  $(\text{Na}, \text{Ca})\text{2Ta2O6}(\text{O},\text{OH},\text{F})$ ) szinte bárhol megtalálhatóak, de csak nagyon ritkán fordulnak elő jelentősebb tantál koncentrációval. A világ vezető tantál termelői az utóbbi években a Kongói Köztársaság és Ruanda (4. ábra). A készletek nagy részét ennél az elemnél az országok stratégiai szempontok miatt nem közlik. A jelenlegi tantál kínálat főleg primer (ásványi) forrásokból (65%-a a tantál tartalmú ásványokból, 13%-a az ön feldolgozása során visszamaradt salakokból) tevődik össze, azonban a kínálat több, mint 20%-át másod-nyersanyagokból forgatják vissza.

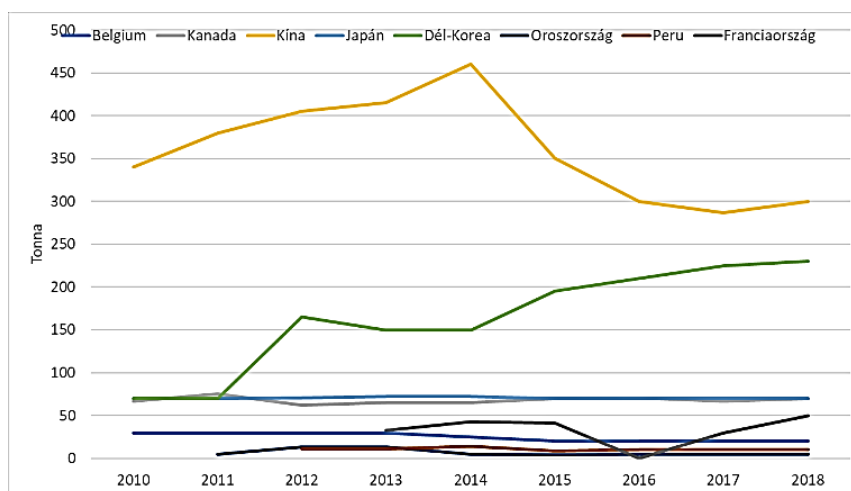


4. ábra

A világ vezető tantál termeléseinek változása az elmúlt évtizedben [6]

### 3.4. Indium

Az indium széles körben elterjedt a földkéregben, azonban igen kis koncentrációkban található meg. Az indium termelés az ólom-cink tartalmú ércek bányászatához kötődik. Az elmúlt időszakban az új lelőhelyek azonosításával, valamint gazdaságossá válásával az indium készletek mennyisége már nem olyan mértékben kritikus, mint annak előtte. Az indium fajlagos ára nagyon magas, ezért a készletek nagyságát nem közlik az országok. A termelés jelentős részét Kína és Dél-Korea teszi ki (5. ábra).



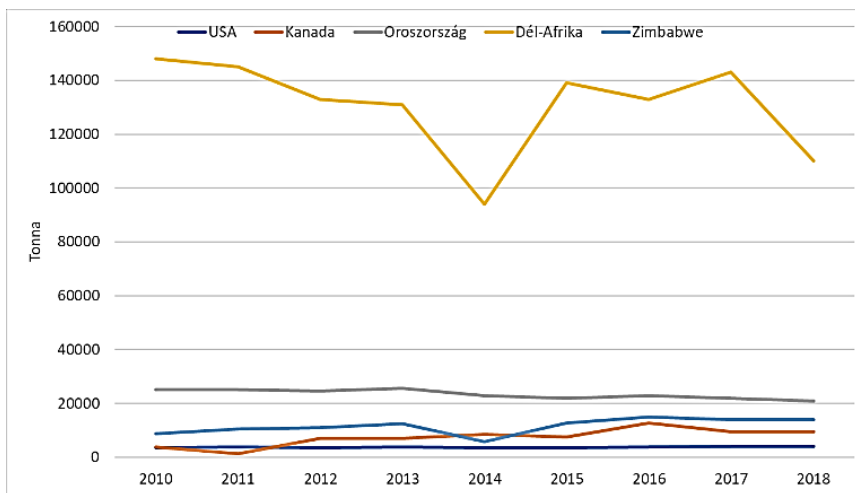
5. ábra

A világ vezető indium termeléseinek változása az elmúlt évtizedben [6]

A fenti ábrából megállapítható, hogy az EU az indium tekintetében is erősen importfüggő, az EU országai közül Belgium és Franciaország mutat aktivitást az indium finomítása és gyártása terén.

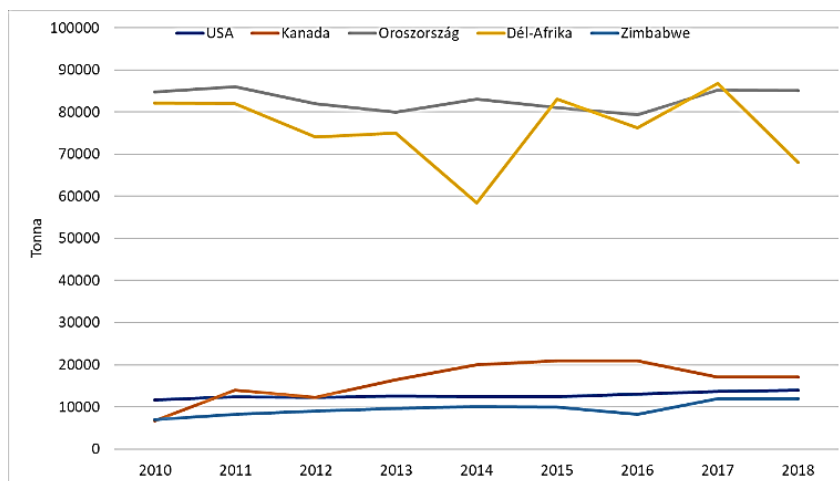
### 3.5. Platina csoport elemei

A platina csoport elemei (PGM) nagyon ritkán, kis koncentrációkban fordulnak elő a földkéregben. A platina és a palládium átlagos, a természetben előforduló koncentrációja megközelítőleg 5 ppm, míg a ródiumé, az irídiumé és a ruténiumé 1 ppm körül van. A természetben előforduló platina csoport elemei minden esetben más elemekkel összekapcsoltan jelennek meg. Ezekben a társulásokban a leggyakoribb fémes alkotóelem a platina és a palládium. A platina csoportban lévő elemek készleteinek közel 92 %-a a Dél-afrikai Köztársaságban található, éppen ezért nem meglepő, hogy a Dél-afrikai Köztársaság a világ vezető platina kitermelője (6. ábra) és Oroszország mellett a legnagyobb palládium kitermelő is (7. ábra). A platina csoport elemeihez kapcsolódóan további elemek társulása is jellemző, ilyen a nikkel, a réz és az arany. Míg a Dél-afrikai Köztársaságban, a Zimbabweben és az USA-ban található készleteket kizárólag a platina csoport elemei miatt bányásszák, addig az Oroszországban és a Kanadában található készletekből a platina csoport elemeinek előállítására a nikkel bányászat melléktermékeként jelentkezik.



6. ábra

A világ vezető platina termeléseinek változása az elmúlt évtizedben [6]



7. ábra

A világ vezető palládium termeléseinek változása az elmúlt évtizedben [6]

## Köszönetnyilvánítás

A tanulmány/kutatómunka a „Fenntartható Nyersanyag-gazdálkodási Tematikus Hálózat – RING 2017” című, EFOP-3.6.2-16-2017-00010 jelű projekt részeként a Szechenyi2020 program keretében az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

## Felhasznált irodalom

1. BUCHERT, M., MANHART, A., BLEHER, D., PLINGER, D. (2012): Recycling critical raw materials from waste elect-ronic equipment. Öko-Institut e.V., p. 88., Darmstadt.
2. European Commission (2008): *The Raw Materials Initiative*.
3. European Commission (2017): *Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions on the 2017 list of Critical Raw Materials for the EU*, COM/2017/0490 final
4. Kritikus Elemek (CriticEl) projekt (2012): *Alapvetési program egy biztos és biztonságos jövőért* - Projekt leírás, Miskolc.
5. MAGYAR Tamás, VIRÁG Zoltán (2017): Elektronikai hulladékok kritikus elemeinek primer fellelhetősége, *Műszaki Földtudományi Közlemények* 86:(1) pp. 145-153., Miskolc.
6. U.S. Geological Survey, (2012-2019): *Mineral commodity summaries 2012-2019.*, Reston, Virginia.