

Kritikus nyersanyagok Magyarország Adatgyűjtemény: Berillium, titán, platinacsoport, hafnium, szkandium Magyarországon

Critical Raw Materials Hungary Data Collection: Beryllium, titanium, platinum group elements, hafnium, scandium in Hungary

MÁDAI FERENC, egy. docens; FÖLDESSY JÁNOS, professzor emeritus;
HANKOVSKY INGRID, MSc-hallgató, LUKÁCS GÁBOR, MSc-hallgató

TEKH Szakkollégium, Miskolci Egyetem, Miskolc

A Miskolci Egyetem Föld- és Környezettudományi és Műszaki Karának Természeti Erőforrás Kutatási és Hasznosítási (TEKH) Szakkollégiuma 2023-ra célul tűzte ki, hogy különös figyelmet fordít a kritikus nyersanyagokra (CRM). Az egyes nyersanyagtípusok bemutatása mellett fontos a hazai CRM-anomáliák ismertetése is. Korábbi cikkünkben bemutattuk a ritkaföldfémek dúsulásait hazánkban, a geológiai formáció típusától függetlenül. Jelen cikkben a különféle egyéb kritikus nyersanyagokat, a berilliumot, a platinacsoport elemeit, a hafniumot, a titánt és a szkandiumot foglaljuk össze.

Kulcsszavak: kritikus nyersanyagok, titánérc, hafnium, berillium, Magyarország

The Natural Resources Research and Utilization (TEKH) Special College of the Faculty of Earth and Environmental Sciences and Engineering, University of Miskolc set a goal in 2023 to pay special attention to critical raw materials (CRM). In addition to presenting the individual raw material types, it is also important to describe the Hungarian CRM anomalies. In our previous paper we presented the REE enrichments in Hungary regardless of the type of geological formation. In the present article miscellaneous other critical raw materials, beryllium, platinum group elements, hafnium, titanium, scandium are summarized.

Keywords: critical raw materials, titanium ore, hafnium, beryllium, Hungary

Bevezetés

A kritikus nyersanyagok olyan csoportját foglaltuk össze ebben az áttekintésben, amelyeket a hagyományos ércfeldolgozásban a hazai technológiák alkalmazói korábban nem tartottak kinyerhetőnek (pl. a titán fém a bauxitokból). Jelenlétük, dúsulásuk csak néhány elemzés alapján ismert, de néhány helyen potenciálisan jelentős, gazdaságos termelést lehetővé tevő nyersanyag források lehetnek.

A nemzetközi helyzetkép ezen elemek esetében (a titán kivételével) hézagos. Nem szerepelnek a nyilvános nyersanyag piacokon, kis volumenű a termelésük is, globálisan évente néhány tíz – néhány ezer tonna. Ugyanakkor nélkülözhetetlen és több stratégiai ipari alkalmazásban nem helyettesíthető nyersanyagok, mint például a platinafémek a katalizátorokhoz. A legtöbb esetben ezek a kritikus elemek más hasz-

nos nyersanyag összetevőkkel együtt dúsulnak, azaz a fő komponensek kinyerésével jelentős értékű melléktermékeként kell ezeket számba venni. Egyúttal minden esetben a kinyerési technológiák esetében további részletes adatgyűjtés szükséges, mivel ezeknek a kritikus nyersanyag-összetevőknek a kinyerésére az elmúlt években születtek új megoldások, amelyek erősen befolyásolhatják egy előfordulás ásványvagyonának gazdasági megítélését.

A hazai dúsulás előfordulásokat kijelölésénél a korábban is alkalmazott eljárást követtük. Azokat tekintettük nyilvántartásra érdemes előfordulásnak, ahol az ismert geokémiai adatokból becsült CRM-tartalom eléri a mai árak szerint a 10 USD/tonna közet koncentrációt. Az 1. táblázat azokat a jelenlegi fémárakat tartalmazza, amelyeket referenciaként használtunk. A sokféle lehetséges árváltozat közül a legalacsonyabb

feldolgozottsági szintű piaci termék árát választottuk. A hivatkozott ár a USGS 2025 nyersanyag-összefoglalóban szereplő 2024. évi átlagár volt [1].

1. táblázat. Az összesítésben szereplő nyersanyagok esetében a kiemeléshez használt koncentráció-küszöbértékek [1]

Ar	USD/gramm	USD/tonna	küszöb g/t	küszöb %
Sc	0,36		28	
Hf	4,6		2	
Be	1,5		7	
Ti		3200		0,31
V	0,01		831	
Pt	31,51		0,32	
Pd	30,54		0,33	
Os				
Ir	154,33		0,06	
Rh	147,90		0,07	
Ru	14,15		0,71	

<https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2025/mcs2Q25.pdf>

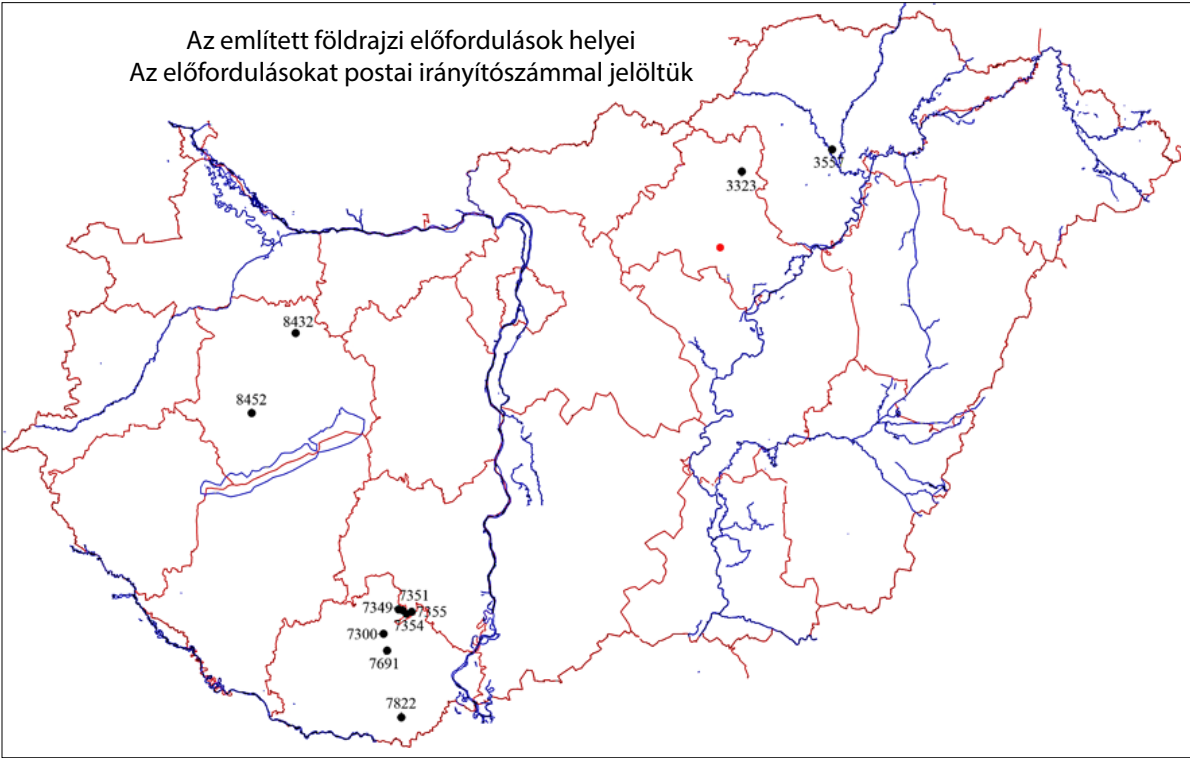
Az 1. ábrán azokat az előfordulásokat ábrázoltuk Magyarország térképén, amelyekről geokémiai adatok rendelkezésre álltak, és ezek meghaladták az 1. táblázatban összefoglalt küszöbértékek valamelyikét.

Berillium

Az univerzumban és a földkéregben is ritka elem. A föld felső kérgében 2,1 ppm, alatta 2,8–3 ppm az átlagos koncentrációja. Be-dúsulás jelentkezhet magmás kőzetek mállása során, így agyagokban, bauxitokban, de kőszekenben is. A jelenlegi termelés döntő része bertranditből ($\text{Be}_4\text{Si}_2\text{O}_7(\text{OH})_2$) származik, melynek legfontosabb lelőhelye az USA-ban Utah államban található – Spor Mountain, ami a globális Be-kitermelés 63%-át adja, és mintegy évi 150 tonna Be fémeket jelent. A Spor Mountain földtani készlete (valószínűsített + bizonyított) mintegy 20 000 t Be, ami még 75 évre elegendő nyersanyagot jelent a jelenlegi ütemű kitermeléssel [2].

A Be kis fajsúlya és magas keménysége, merevsége és olvadáspontja miatt számos stratégiai ipari alkalmazáshoz fontos. A réz ötvöző fémeként (0,2–2% Be) használják jelentős mennyiségben, ez adja az EU felhasználás 80%-át [2], ami a nagy teljesítményű transzformátorállomásokhoz és mechanikai alkatrészekhez szükséges a védelmi, közlekedési és energia-szektorokban.

Az Európai Digitális Földtani Adatbázis (EGDI, europe-geology.eu) nyilvántartása szerint nagyobb Be-előfordulások Ausztriában (Spittal/Wolfsberg, Markogel), D-Csehországban, Franciaországban (Bretagne), ÉK-Spanyolországban és Ukrajnában ismertek. Emellett kisebb előfordulások Skandináviában, a Pireneusokban, D-Franciaországban találhatók. Ezen területek döntően granitoidokhoz kötődnek. Az EU-



1. ábra. A magyarországi előfordulások földrajzi helyzete

ban ismert Be ásványvagyon mindössze 12 tonnára becsülhető [2], kitermelés sehonnan nem ismert az EU-ban.

Bükk

A bükk-szentkereszti környéki metavulkanitokon több korai radiometria felmérés és terepi vizsgálat történt, melyek során magas Be-tartalmat észleltek [3]. A Criticel újra mintázás során Bükk-szentkereszt Hősök-forrás közelében egy magas U-tartalmú foszforit-teréget találtak (a triász Bagolyhegyi Metariorit Formációban), amely Be-t (kb. 100–300 g/t, maximum 421 g/t), 100–400 g/t U-t, valamint jelentős mennyiségű foszfort, mangánt, ólmot, cinket és ritka földfémeket tartalmazott [4].

Mecsek

A mecseki szénmedencében számos mintázott szénlelőhelyen jura kori fekete szenekben magas Be-tartalmat elemeztek a korai vizsgálati programok során 430 g/t Be-maximummal [5]. Egy későbbi országos szén mintavételi projekt két komlói mintában átlagosan 860 g/t Be-tartalmat mutatott ki [6]. A Criticel program által ugyanebben a rétegcsoporthoz tartozó legújabb vizsgálatok maximum 23 g/t Be-értéket találtak (Nagymányok). A Karolina bánya mintavételi sorozata 8–54 g/t Be-t mutatott [7]. Ennek alapján a Be-tartalom egyértelműen anomáliás minden sorozatban, bár a megbízható, friss vizsgálati adatok nagyon kevesek ahhoz, hogy eldöntsék a fém lehetséges kinyerésének perspektíváját.

Hafnium

A hafnium 2017 óta szerepel az EU CRM listáján. Természeti előfordulása (és így termelése is) lényegében a cirkóniumhoz kapcsolódik, a cirkonásványokban a Zr-t max. 2% mértékig helyettesíti. Felhasználása a nukleáris iparhoz, az űriparhoz és egyéb ágazatokhoz kapcsolódik, szuperötvözetek formájában.

A hafnium a cirkóniumgyártás bizonyos szakaszának mellékterméke. A két legnagyobb termelő Franciaország és az Egyesült Államok, amelyek a globális hafniumtermelés közel 90%-át adták 2019-ben [8]. Az EU-ban hafniumot Franciaországban, import nukleáris fűtőanyag-nyersanyagból állítják elő a cirkóniumfém-gyártás melléktermékeként. Európában ismert erőforrások vannak Svédországban 6781 tonna, valamint potenciális előfordulás Finnországban, Sokliban. Norvégiában és Svédországban minden cirkóniumban gazdag ásványkincs egyúttal potenciális hafniumforrást is jelent. Az EU-ban nyilvántartott egyetlen jelentős hafnium-ásványvagy a svédországi Norra Kärr fejlesztés alatt álló lelőhelye, ahol a HfO_2 dúsulása

átlagosan 338 ppm. A Kárpát-medence környezében jelentősebb Hf dúsulására nincs adat.

Hazai elemzési adatok Hf dúsulásáról nagyon kevés területről ismertek. Ezek közül egyedül a Mecsek hegység jura kőszéntelepes összlet közetei haladják meg a 10 USD/tonna kőzet küszöbértéket

Mecsek

Nagy cirkon és hafnium koncentrációkat rögzítettek a jura feketeszenekben. A nagymányoki minták mutatták legnagyobb Hf-értéket (24 g/t), de hasonló értékeket kaptak Vasasban is (a természetes kokszt 23 g/t Hf legmagasabb értékével az alkáli bazalt kontaktusánál). A Vasasi kőfejtő közeteinek átlagos Hf-tartalma 11 ppm, ami körülbelül 10-szeres dúsítást jelent a szenek átlagos tartalmához képest. A kapcsolt Zr-tartalmak elérik a 2500 g/t-ot, de ezekből a mintákból Hf adatok nincsenek. A Zr-tartalmat részletesen vizsgálták, a cirkon mint a fő Zr-hordozó ásványi komponens jelenlétében a jura szenekben és a kapcsolódó üledékekben, 1–15 mikrométeres szemcseméretű tartományban [9].

Titán

A titán a földkéregben a kilencedik leggyakoribb elem, a földkéreg 0,52%-át alkotja, természetben leggyakrabban oxidokat képez. A titánban gazdag ásványok mállással szemben ellenállóak, ezért gyakori alkotók a törmelékeny üledékes kőzetek nehézasványjaiban. Jelentős lelőhelyei ezért egyrészt bázikus és ultrabázikus (ortomagmás) magmatitokhoz, alkáli magmatitokhoz, másrészt torlatokhoz kapcsolódik. A titángazdag magmás eredetű lelőhelyekben a fő ércásványok az ilmenit és a titanomagnetit, torlatokban leginkább a rutil és az ilmenit jelentkezik [10]. A kitermelt ércből döntően kétféle alapanyagot készítenek: titán-dioxidot és szivacs titánt, ami 99,1–99,7% tisztaságú termék, és alapanyaga a különböző tisztaságú finomított titánfémnek. A globális felhasználás 95%-a TiO_2 formában hasznosul, döntően a fehér festékek gyártásánál. A titánfém alkalmazásnál döntő szerepet játszanak az előnyös tulajdonságok: kisebb fajtsúly, nagyobb mechanikai szilárdság, magas olvadáspont, kis hőtágulás. Ezek miatt a titán fontos alapanyag a repülő- és űriparban, védelmi iparban, orvosi alkalmazásoknál. Filmbevonatként korróziógátló tulajdonságot ad a fém alkatrészeknek [11].

Az EU kitermelése az orosz és ukrán gyártók felé 2022-ben finomítatlan Ti-alapanyagokra összesen 24% volt, míg a finomított alapanyagok 21%-a származott Oroszországból [11]. Oroszország 2008 óta különleges stratégiai terméknek tekinti a titánfém alapanyagokat, ezekre az Ural-ban egy összetett ökoszisztéma jött létre, melynek fő vevői közé tartozott

az Airbus és a Boeing is. 2021-ben Oroszország a titántermékek harmadát az USA-ba, 43%-át az EU-ba exportálta. Az ukrán titántermékek 60%-a került az EU-ba. Az orosz és ukrán forrásokból származó EU import 46%-a Franciaországba ment (Airbus) 2022-ben, 28% Olaszországba, 22% Németországba, a többi tagállam részesedése néhány százalékos. Az orosz és ukrán alapanyagot a háború kezdete óta döntően az USA, Japán és kínai import növelésével lehetett kiváltani. Az orosz titán művekben előállított termékek a repülőgép ipar számára olyan különlegesek, amelyeket nagyon nehéz más forrásból pótolni, erre leginkább az USA képes [12].

Európában jelentősebb titánérc-előfordulások Skandináviában, Ukrajnában, NY-Franciaországban, Portugáliában és Romániában vannak (Minerals4EU). Európában titán nyersanyag kitermelés csak Norvégiában (2023-ban: 290 660 t) és Ukrajnában (2023-ban 147 700 t) történt. Az ukránkitermelés 2022-ben közel negyedére zuhant. Európában szivacs titán előállítás nincs, csak kevés (az EU kereslet 4,9%-a) öntvény titán előállítás folyik, de import nyersanyagból [13].

Az elsődleges nyersanyagok között két fajta előfordulás hordozhat gazdasági lehetőséget Magyarországon.

Bakony

A Bakony és a Vértes vonulatában számos kisebb-nagyobb, már letermelt (pl. Iharkút) vagy leállított (pl. Nyírád) esetleg megkutatott, de le nem termelt (pl. Nagyegyháza) bauxit-előfordulás ismert, az összes megkutatott bauxit-ásványvagyron 123 millió tonna [14]. A bauxitok átlagos TiO_2 -tartalma 2%, azaz az összesített ásványvagyron kb. 2,5 millió tonna TiO_2 -tartalom becsülhető. Ez azonos a világ többi bauxitjának átlagos titán tartalmával. A gazdaságos kinyerésre jelenleg folynak (vörösiszapból) ígéretes technológiai fejlesztések Oroszországban [15], Kínában [16].

Bükk, Szarvaskő

A DNY-Bükkben, illetve attól ÉÉK irányban, egészen az országhatárig több ultrabázisos, illetve alkáli bázisos intruzív test ismert. Szarvaskőn részletesebb vasérckutatók folyt az 1940–50 közötti időszakban, amelynek során több ponton tárták fel az akkor wehrliknek nevezett titanomagnetit-tartalmú kőzetváltozatot [17]. Ebben az elemzések szerint a TiO_2 -tartalom 6–14% között változó. A kutatás akkor vasércre sikertelen volt. Az ércesedett zóna tömegbecslése nem történt meg. A jelenlegi technológiai fejlesztések szerint ez az érc típus alkalmas lehet primér titánérc-termelés-

re, magnetit, vanádium és szkandium melléktermékekkel.

Platinafémek

A platinacsoport elemei (PGE) közé tartozik a platina (Pt), palládium (Pd), ródium (Rh), irídium (Ir), ruténium (Ru) és ozmium (Os). Ezek az elemek a periódusos rendszer 8., 9. és 10. csoportban találhatók, az átmeneti fémek között. Kémiai tulajdonságaik nagyon hasonlóak, de fizikai tulajdonságaik eltérőek. Elektronszerkezetük stabil d-mezővel rendelkezik, amely különleges katalitikus és kémiai tulajdonságokat adja. Korrozíóval és oxidációval szemben nagyon ellenálló, ezért a nemesfémek csoportjába sorolják őket. Emellett magas olvadáspontjuk, elektromos vezetőkéességük, nem toxikus jellegük (kivéve Os) miatt alkalmazzák a high-tech iparban és gyógyászatban.

A platina (Pt), palládium (Pd), és ródium (Rh) a „könnyebb” PGE csoportba tartoznak. Az irídiumot (Ir), ruténiumot (Ru), és ozmiumot (Os) a „nehezebb” PGE-ként tartják nyilván, főként magasabb olvadáspontjuk miatt.

Az éves globális kitermelés 500 tonnánál kevesebb, de a világgazdaság számára nélkülözhetetlen elemek. A PGE-k rendkívül fontosak az autóiparban, különösen a katalizátorok gyártásához. Szerepük van a hidrogéntekológiákban (üzemanyagcellák katalizátorai), az elektronikai iparban (érintkezők, vezetők) és az orvosi eszközökben (implantátumok). Az ipari kereslet folyamatosan nő, különösen a globális energiaváltás és zöld technológiák térnyerése miatt. Legnagyobb mennyiségben palládiumot termelnek, a 2016–2020 közötti átlagos éves kitermelés 213 t volt. Második a platina (185 t/év átlag), harmadik a ródium (23 t/év átlag). A további három PGE (Ir, Ru, Os) kitermelése egybe véve érte el a 35 t-s átlagot [18].

A Pd és Pt felhasználása 90%-ban a gépjárműiparban történik katalizátorok esetén a károsanyag-kibocsátás csökkentésére. A fennmaradó 10% a vegyipari, elektronikai, orvosi és ékszer szektorok között oszlik meg. Katalizátorként való felhasználásban a PGE fémek helyettesíthetők, ami az áringadozásokkal szemben némi pufferhatást okoz. Ezeket a fémeket együtt kutatják, elemzésük speciális, külön mintavételt követel. Piaci áruk, gyakoriságuk erősen eltérő. A földtani közegben megjelenő platinafémeknek hazai elemzési bázisa ma nincs, összes információnk külföldi laboratóriumok eredményein alapul.

Platina esetében a 2021-es adatok alapján [19] a legnagyobb termelő a világtermelés 74%-át adó Dél-Afrikai Köztársaság, második 10%-kal Oroszország. További fontosabb termelők Zimbabwe, USA és Kanada. Palládium esetében a szereplők nem, de az arányok változnak: első volt 40%-kal Oroszország, majd 39%-kal Dél-Afrika, 13%-kal É-Amerika és

6%-kal Zimbabwe következett. Az EU importfüggősége a primér platinafém nyersanyag esetében közel 100%. Csekély termelés Finnországban (933 kg Pt, 762 kg Pd) és Lengyelországban (6 kg Pt, 5 kg Pd) van [13]. Az EU termelés primér nyersanyagból a kereslet 1%-át sem teszi ki, viszont az újrahasznosított platinafém mennyisége 15%.

A 2024. évi elfogadott 47 CRMA stratégiai projekt közül hat irányul részben, vagy egészében PGE termelésre. Ezek közül négy újra hasznosítási projekt, melyek Olaszországban, Spanyolországban és Lengyelországban valósíthatók meg, kettő pedig bányászati: Sakkati, Finnország, Aguablanca, Spanyolország [20].

Az EU számára kiélezett helyzetet okoz a PGE-ellátás szempontjából az orosz–ukrán háború, mivel az EU platinabeszerezésének 10%-a Oroszországból származott 2021-ben, míg palládium esetében ez 40% volt. Az EU szankciók az orosz PGE-termékek behozatalát nem érintették, de fokozatos átállás történik más források irányában, elsősorban Dél-Afrika és Zimbabwe felé. Az újrahasznosítási projektek is segítenek a függetlenedésben, de nem tudják kiváltani az orosz forrást [19].

Csak néhány földtani előfordulási típusból van elemzési adatunk, ezek közül a recski előfordulás rendelkezik gazdasági potenciállal.

Mátra, Recsk

Az első írásos recski információ platinafémekről 1967-ből származik, lahócai dúsérc- és dúsítmány-mintákból (10 minta) kombinált nedveskémiai – szinkép eljárással a legmagasabb mért koncentráció a tennantitban (0,56 ppm), a legalacsonyabb a piritben és markazitban (0,07) jelentkezett, a dúsítmányban 0,12 g/t értéket mértek [21].

A következő mintázási program a MÁFI és a GTK (Finn Földtani Szolgálat) (18 db minta) együttműködésében folyt [22]. Az összemérések során öt mélyszinti vágatminta (–700, –900 szint) közül a –900 szintű egyik minta hordozott nagy (>0,5 g/t feletti) Pt- és szintén hasonló jelentős Rh-dúsulást a MÁFI és a GTK ICP-MS méréseiben egyaránt. Nem volt viszont jó megfelelés a savas feltárási és a tűzi mérések eredményei között, ezért ez további vizsgálatra szorul.

Az ELTE kutatói által vezetett OTKA-projekt során [23] az összes érchordozó szerkezetben kimutatták a Pd 0,05–0,1 ppm körüli dúsulásait, továbbá esetenként a Pt 0,07–0,41 ppm közötti koncentrációit és egy esetben a Ru 0,2 ppm mennyiségű jelenlétét. A jelentős nemesfém-koncentrációkkal jellemzett mintákban egyúttal a Cu, As, Sb, Sn és S kiugró mennyiségeit találtuk, tehát a platinafém-dúsulások feltételezhetően az enargit-luzonit képződési folyamataihoz társulnak.

A mélysztint Pt- és Pd-dúsulásait azonosították természetes platina, pirit, kalkopirit ásványfázisokban [24]. Az ismeretek egyelőre nem engedik meg pontosabb mennyiségi, minőségi jellemzők becslését.

Szkandium

A fém átlagos koncentrációértéke a földkéregben 14 ppm, de előfordulásai nem önálló ásványi fázisokhoz, hanem egyéb ásványokba beépülve jelentkeznek, és a dúsult zónákban sem haladja meg sokkal a 100 g/t értéket a kőzet Sc-tartalma. Technikailag a ritka földfémekkel azonos csoportba sorolják. Kis mennyiségű a globális piaca (2020 körül 10 tonna körüli), a fém értéke az elmúlt öt évben 400 százalékkal emelkedve jelenleg 3200 USD/kg.

Európában Görögország bauxit-előfordulásaiból ismert félüzemi szintű Sc-termelés, illetve Finnországban megkutatott szkandiumércesedés alkáli intruzívumokban (Kiviniemi, 13 millió tonna 165 g/t Sc).

Bükk, Szarvaskő

A DNY-Bükki Szarvaskőn részletesebb vasérckutatással feltárt wehrilit [17] Sc-tartalma a Criticel projekt során vett néhány mintában átlagosan 70, maximum 109 g/t. Ebben a kőzetben az elemzések szerint TiO₂-tartalom 6–14% között változó, a V₂O₅-tartalom átlagosan 0,14% volt.

Bakony

A Bakony és a Vértes vonulatában számos bauxit-előfordulás ismert, az összes megkutatott bauxit ásványvagyon 123 millió tonna [14]. Az érces kőzetváltozatokban (20 minta) elemzett Sc-tartalom átlagértéke 43 g/t Sc, viszonylag szűk tartományt átfogva 30 – 61 g/t Sc-értékek között.

Összefoglalás

Az áttekintésünkben négy kritikus elem, illetve egy elemcsoport általános jellemzőit és ismert hazai dúsulásait részleteztük. Ezek olyan elemek voltak, amelyek javarészt oxidként, illetve más ásványok szerkezetébe épülve hoznak létre dúsulást. A jelenlegi ismeretek nem elegendőek a dúsulások gazdasági értékének becslésére, de indokoltan utalnak arra, hogy több előfordulás megkutatása várhatóan eredményes lehet egy új termelő előfordulás körvonalazásához. A 2. táblázat az előfordulásokat és az ezekben található kritikus nyersanyagokat összefoglalását tartalmazza.

Az előzetes adatösszesítések alapján az alábbi lehelyek emelhetők ki az egyes kritikus nyersanyagok esetében:

2. táblázat. Az áttekintésben szereplő előfordulások és helyi koncentrációmaximumok (a mért legnagyobb koncentrációértéket vastagítva jelöltük, a dúsítási tényező erre az értékre vonatkozik)

Térképi szám		Pt	Pd	Rh	Be	Se	Hf	Ti %	Egyéb CRM-dúsulások*
	Klark g/t	0,005	0,015	0,001	2,8	20	3	0,56	
3245	Recsk	0,41	0,1	0,1					Cu, As, Sb, W
3323	Szarvaskő					109		14,1	V
3557	Bükkszentkereszt				421				P, HREE
8452	Halimba				30	30		2,13	LREE, Ga
7822	Nagyharsány					42		3,29	LREE, Ga
8432	Fenyőfő					66		2,65	LREE, Ga
	Pécs-Szabolcs				54				
7691	Vasas				19		23		MetCoal, LREE, HREE
7300	Komló				860		13		MetCoal, LREE, HREE
7351	Máza				430		24		MetCoal, LREE, HREE
7355	Nagymányok				12		13		MetCoal, LREE, HREE
7349	Szászvár						14		MetCoal, LREE, HREE
7354	Váralja						14		MetCoal, LREE, HREE
Dúsulási tényező**		82	7	100	307	5	8	25	
* MetCoal: Koksizolható szén; HREE: Nehéz ritkaföldfém; LREE: Könnyű ritkaföldfém									
** A dúsulási tényező itt az aktuális maximumérték és a klark-érték hányadosa									

- ❑ berillium: Bükkszentkereszt, Komló
- ❑ titán, szkandium: Szarvaskő–Eger
- ❑ hafnium: Nagymányok
- ❑ platinafémek: Recsk

A földkéregben az átlagokhoz képest a legnagyobb mértékű dúsulást a berillium mutatja, a második helyen a platinafémek vannak a recski előfordulás esetében (2. táblázat).

Ezek közül gazdasági szempontból a recski fontosabb. Részben azért, mert az előfordulás méretei jelentősek, a platinafémek több kőzettípusban, érc típusban megjelentek, részben pedig azért, mert ezeknek az anyagoknak globális piaca és kereslete van, azaz értékesítésük (recski egyéb ércekből leválasztott melléktermékként) nem jelentene nehézséget.

Irodalom

- [1] USGS Mineral Commodity Summaries 2025. <https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2025/mcs2025.pdf>
- [2] SCREEN (2023) : https://screen.eu/wp-content/uploads/2024/02/SCREEN2_factsheets_BERYLLIUM-update.pdf
- [3] Kubovics I., Nagy B., Nagy-Balogh J., Puskás Z. (1989): Beryllium and some other rare element contents of acid volcanics (tuffs) and metamorphites in Hungary. Acta Geologica Hungarica, 21, 219–231.
- [4] Földessy J. (szerk., 2014): Basic research of the strategic raw materials in Hungary, 159 p. https://kritikuselemek.uni-miskolc.hu/files/files/egyetem10_vegso_okt26.pdf
- [5] Csalagovits I., Vigh-Fejes M. (1971): Geokémia – A meddőközetek és a kőszén nyomelemei. [Geochemistry – Trace elements of the barren rocks and coals. MÁFI Yearbook 51.2. b, 520–574.] (in Hungarian).
- [6] Somos L., Zubovic P., Simon F. O. (1985): Geochemical analyses of 12 Hungarian coal samples. Geophysical Transactions, 31, 191–203.
- [7] Kóbor B. (2006): A liász kőszénes összlet radiológiai, geológiai jellemzői és bányászatának környezeti-radiológiai hatásai Pécsbányatelep környékén. 249 p. PhD-értekezés. Szegedi Tudományegyetem.
- [8] https://screen.eu/wp-content/uploads/2024/01/SCREEN2_factsheets_HAFNIUM-update2.pdf
- [9] Hochrein B., Hámorné Vidó M., Márai F., Földessy J. (2017): A hafnium és cirkon dúsulási lehetőségei a mecseki kőszénes összletben. BKL Bányászat, 151/5–6, 2–7.
- [10] Kiss G., Mozgai V., Hartai É., Molnár J., Tompa R. (2013): Platinacsoport. In: Less Gy. (szerk.) CriticEl Monográfia sorozat 2., Stratégiai fontosságú ásványi nyersanyagok II. Milagrossa Kft., Miskolc
- [11] European Commission, Joint Research Centre, Buesa A., Georgitzikis K., Jakimów M., Piñero P., Maury

- T., Latunussa C., Pedauga L., Samokhalov V., Baldassarre B., Mathieux F., Rueda-Cantuche J. M., Stijepic D., Reys A., Bilous A., Notom P., Tercero L. (2025): Titanium metal in the EU: Strategic relevance and circularity potential, Publications Office of the European Union, Luxembourg. <https://doi.org/10.2760/5871804>, JRC137082. <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/d9619eecd700-11ef-be2a-01aa75ed71a1/language-en#>
- [12] SCREEN (2023): https://screen.eu/wp-content/uploads/2024/01/SCREEN2_factsheets_TITANIUM_V1.pdf
- [13] Reichl C., Schatz M. (2025): World Mining Data 2025. Vol. 40. Federal Ministry of Finance, Austria, Vienna. <https://www.world-mining-data.info/wmd/downloads/PDF/WMD%202025.pdf>
- [14] SZTFH (2025): Magyarország ásványvagyona 2024. https://sztfh.hu/downloads/banyaszat/nyilvantartasok/asvanyvagon-nyilvantartas/magyarorszag_asvanyvagyona_2024.pdf
- [15] Grudinsky P., Pasechnik L., Yurtaeva A., Dyubanov V., Zinoveev, D. (2022): Recovery of scandium, aluminum, titanium, and silicon from iron-depleted bauxite residue into valuable products: A case study. Crystals, 12, 1578. <https://doi.org/10.3390/cryst12111578>
- [16] Yuguan Zhang, Yilin Wang, Lingyun Yi, Tianguai Qi, Qiusheng Zhou, Zhihong Peng, Guihua Liu, Xiaobin Li (2023): Highly efficient separation of titanium minerals from a modified bauxite residue through direct reduction: A comparison study. Journal of Materials Research and Technology, 26, 6331–6341. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2023.09.017>
- [17] Lengyel E. (1957): A Szarvaskő környéki titán-vanádium-vasérc kutatás újabb eredményei. MÁFI Évkönyve 46/2, 132 p. Műszaki Könyvkiadó, Budapest.
- [18] https://screen.eu/wp-content/uploads/2023/08/SCREEN2_factsheets_PGM.pdf
- [19] European Union (2023): Platinum: Impact assessment for supply security, Palladium: Impact assessment for supply security. JRC Raw Materials Information System. <https://rmis.jrc.ec.europa.eu/>
- [20] European Commission (2025): Annex to Commission Decision recognising certain critical raw material projects as Strategic Projects under Regulation (EU) 2024/1252 of the European Parliament and of the Council. C (2025) 1904 final. <https://webgate.ec.europa.eu/circabc-ewpp/d/d/workspace/SpacesStore/1958718b-21e9-40f4-9c9f-42a58dc4c5a3/download>
- [21] Nagy B., Zentay P. (1967): Hazai nyersanyagok platina tartalmának vizsgálata. Kézirat, SZTFH Adattár.
- [22] Bertalan É., Bartha A., Juvonen R., Soikkeli L., Földessy J., Szebényi G. (2004): Nemesfémek meghatározása recski ércmintákból. Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése, pp. 69–80.
- [23] Molnár F. (2008): A platinafémek előfordulása a Darnó-öv és környezetének mezozoos és paleogén korú magmás kőzeteiben. <http://nyilvanos.otka-palyazat.hu/index.php?menuid=930&num=49633>
- [24] Biró M., Raith J. G., Feichter M., Hencz M., Kiss G. B., Virág A., Molnár F. (2024): Comparative study of sulfides from porphyry, skarn, and carbonate-replacement mineralization at the Recsk porphyry-mineralized complex, Hungary. Minerals, 14, 956. <https://doi.org/10.3390/min14090956>

MEGHÍVÓ



**A Magyar Öntészeti
Szövetség**



**Országos Magyar Bányászati és
Kohászati Egyesület Öntészeti
Szakosztálya**

meghívják Önt a

28. MAGYAR ÖNTŐNAPOK KIÁLLÍTÁS ÉS KONFERENCIA

nemzetközi rendezvényre.

2025. október 10–12.

Hotel Abacus**** – www.abacus.hu
2053 Herceghalom