LESZ-E ÚJ BÁNYÁSZATI STRATÉGIA?



58.

Bányagépészeti és Bányavillamossági Konferencia

Balatongyörök

2026. szeptember 24 - 25.

A BÁNYAGÉPÉSZET A MŰSZAKI FEJLŐDÉSÉRT ALAPÍTVÁNY ALAPÍTÓ ÉS CSATLAKOZÓ TAGJAI

A 2026. szeptemberi kiegészítés szerint

ALAPÍTÓ TAGOK

Aszódy Tamás
Ács József
Dr. Bodnár János
Bogár József
Dubnicz László
Dr. Eisner Béla
Dr. Fazekas János
Dr. Ferencsin Imre Mihály
Forgács László
Gácsi Varga János
Gyimesi Györgyné
Hídvégi Gábor
Kaló Tibor
Livo László
Masír István
Matolcsi Géza
Dr. Nánási Tibor
Rácz Gyula
Rónaföldi Zoltán
Suller András
Sütő Imre
Veres Sándor
Dr. Zsíros László

DUNLOP-CCT, Jogutód nélkül megszünt
EDIAFILT Kft.
FUX Ipari Szolgáltató és Kereskedelmi Kft., Jogutód:FUX Zrt.
Gépkocsis Szállító és Szolgáltató Kft., Jogutód:G.I.T.A. 3 Kft.
Hiber Kft., Jogutód nélkül megszünt
Hidrocontroll Gépipari Fejlesztõ Szolgáltató Kft., Jogutód nélkül megszünt
JUMO Kft.
KO-GÉP Komlói Gépgyártó és Szolgáltató Rt., Jogutód nélkül megszünt
Központi Bányászati Fejlesztési Intézet, Jogutód:GRAVITAS BVÁ Kft.
Magyar Elektrotechnikai Egyesület
Mátra-Haider Dózer Kft.
Oroszlányi Bányák Kft., Jogutód nélkül megszünt
Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület
Padex Kft., Jogutód:Rácz Gyula
TPI-Handels GmbH, Jogutód:Chesterton Hungary Kft.
Trelleborg Taurus Gumi Kft., Jogutód:ContiTech Rubber Industrial Kft.

CSATLAKOZÓ TAGOK

Dr. András József
Bánik Jenő
Bánki Nándor
Benkovics József
Boda Sándor
Borbély Attila
Csikos Tibor
Dr. Deák Endre
Dr. Debreczeni Ákos
Dr. Debreczeni Elemér
Derekas Barnabás
Dojcsák Marcell
Dósa János
Dreher Hans J.
Elekes László
Erdei Ibolya
Esztó Miklós
Ferencz Attila
Forstner Sándor
Gaál Ottó
Gebhardt Ferenc
Glevitzky István
Göröncsér Zsolt
Haller József
Hársy István
Hartmann István
Dr. Havelda Tamás
Hell István
Helmeczi József
Herczeg Zsuzsa
Hodolits József
Hódosi József
Horváth Károly
Jáger Zoltán
Juhacsek István
Juhász Attila
Dr. Kamarás Béla
Karsai József
Katona Gergely
Katona János
Kaufmann Tibor
Kelemen József
Kerepeczki Egon
Kiss Attila
Kóródi Sándor
Dr. Kovács József
Kovács László
Krakker Dezső
Krausz Ferenc
Kuzsmiczky Sándor
Dr. Ladányi Gábor
Dr. Magyari Andor
Majoros Ottó
Miklós Attila
Mokánszki Béla
Molnár Attila
Monostori Ervin
Morvai Tibor
Nagy Dezsőné
Nagy István
Papp József
Patonai Imre
Pálfi Tibor
Popescu Florin Dumitru
Radu Sorin Mihai
Rácz Mátyás
Salzinger György
Sárdi Péter
Schmidt József
Schreck István
Simon Csaba
Stefán Csaba
Dr. Sümegi István
Szabó Árpád
Szalai Károly
Szedlák János
Dr. Szirtes László
Szöllősi Béla
Szöllősi István
Szövérfi Zsolt
Szűcs István
Takács András
Takács László
Tar Mihály
Toloczkó Ferenc
Tóth Tibor
Dr. Újfalussy László
Varga Tamás
Vas János
Vesztegh József
Viczena Miklós
Dr. Virág Zoltán
Viszoczky György
Vágó István
Végh József
Dr. Vőneky György
Weisz Róbert

ABB Energir Kft.
ALSTOM Kft.
ASG Gépgyártó Kft.
ATRA 2000 Kft.
Ács-Varga Kft.
Bakonyi Bauxitbánya Kft.
Bakonyi Erőmű Rt.
Basalt Középkő Kőbányák Kft.
Benkovics Mérnökiroda Kft.
Borsod-Abaúj-Zemplém Megyei Mérnöki Kamara
Borsodi Energetikai Kft.
Dél-dunántúli Gázszolg. Rt.
Dolomit 2002 Kft.
Euro-Borsod Trade Kft.
Euro Gumi Kft.
Forgács Mérnöki és Szakértői Bt.
Frekvencia 2000 Kft.
Freudenberg Simrit Kft.
G.I.T.A. 3 Kft.
GEO-FABER Rt.
Gépsystem Kft.
GÖMÖR-METAL Kft.
HD Technik Vállalkozás
HYDEX Kft.
Keveweld Kft.
Kis Villám Bt.
KIVA-TECH Kft.
KOPEX SA.
Mecseki Ércbányák Vállalat
Marketinfo Műszaki Tanácsadó Társaság
Mecsekérc Rt.
Mecseki Bányavagyon Hasznosító Rt.
MECSEK-ÖKO Környezetvédelmi Zrt.
METAL-CARBON Kft.
MOVIPE Bt.
MTESZ Baranya Megyei Szervezete
NORD HOLDING Kft.
Perlit-92 Bányászati és Feldolgozó Kft.
Pécsi Erőmű Rt.
PHILOTERM Kft.
Precíz Gépműhely Kft.
PYLON-94 Kft.
Rema-Technik Kft.
Semperit Kaucsuk Kft.
Skatt Kft.
SKF Svéd Golyóscsapágy Rt.
Super Seal Kft.
"Szigma" Mérnöki és Tervező Iroda
Taurus-Techno Gumi Kft.
Tömítésgyártó és Forg. Kft.
Vértesi Erőmű Rt.
VIMAG Ipari Ker. Szolg. Bt.
Weldtech Kft.
WSPS Kft.



A BÁNYAGÉPÉSZET A MŰSZAKI FEJLŐDÉSÉRT ALAPÍTVÁNYT a magyar bányászatban dolgozó bányagépész-, gépész és villamos szakemberek egy a jövőnkért felelősséget érző csoportja hozta létre, a közös eredményeink megőrzésének érdekében az egész magyar ipar és kereskedelem hasznára.

Az ALAPÍTVÁNY célja:

A magyar bányagépészet és bányavillamosság, - tudományos, oktatási, műszaki-fejlesztés, biztonságtechnikai, gazdasági, nemzetközi, műszaki kapcsolatokból szerezhető kölcsönös előnyök közkinccsé tétele.

A „Bányagépészeti és Bányavillamossági Konferencia" rendszeres évenkénti megrendezése révén hozzájárulni a magyar ipar és kereskedelem, a tudományos élet bányászati jellegű újdonságainak megismertetéséhez.

A „**HELL-BLÁTHY**" díj Alapítva 1993-ban adományozásával elismerni a szakma azon képviselőinek tevékenységét, akik a bányagépészet, bányavillamosság, a tudományos élet területén maradandót alkottak, valamint az olyan kiemelkedő gépészeti, villamossági műszaki megoldások megszületését és elterjedését, melyek interdiszciplinárisak, a bányászati eredetük, kifejlődésük ellenére az ipar több területén előnyösen alkalmazhatóak.

„Az alapítvány „**KOVÁCS LÁSZLÓ"** emlékérem alapításával és adományozásával emléket állít a 2019. évben elhunyt, a Bányagépészeti és Bányavillamossági Konferenciákat elindító, és azokat haláláig szervező örökös elnökünk tiszteletére.
Adományozásával elismeri azon személyek, szervezetek munkáját, tevékenységét, akik hozzájárultak a konferenciák évenkénti sikeres megrendezéséhez."

Kovács László emlékérem



Hell Bláthy díjasok



1995. évi díjazottak
Dr. Falk Richárd
Kovács László
Vankó Richard

1996. évi díjazottak
Dr. Bocsánczy János
Dr. Érsek Elek
Csabay Ákos

1997. évi díjazottak
Barabás Mihály
Barta Alfonz
Forgács László
Karsai József
Kis István
Schreck István
Sütő Imre
Szabics János

1998. évi díjazottak
Dr. Debreczeni Elemér
Hídvégi Gábor
Juhacsek István

1999. évi díjazottak
Dr. Bodnár János
Dr. Fazekas János
Hartmann István

2000. évi díjazottak
Gyimesi Györgyné
Dr. Kamarás Béla
Dr. Vőneky György

2001. évi díjazottak
Dubnicz László
Livo László

2002. évi díjazottak
Bogár József
Gebhardt Ferenc
Rácz Mátyás

2003. évi díjazottak
Mokánszki Béla
Tóth Nándor

2004. évi díjazottak
Salzinger György
Szilvássy Zsolt

2005. évi díjazottak
Morvai Tibor
Klaus Laskovszki

2006. évi díjazottak
Dr. Kovács József
Hans J. Dreher

2007. évi díjazottak
Ács József
Bánik Jenő
Dr. Havelda Tamás
Hársy István
Mányó Mihály
Mátrai Árpád

2008. évi díjazottak
Katona János
Szedlák János

2009. évi díjazottak
Dr. Magyari Andrej
Dr. Zsíros László

2010. évi díjazottak
Rácz Gyula
Dr. Szirtes László
Dr. Sümegi István

2011. évi díjazottak
Dr. Ladányi Gábor
Horváth Károly

2012. évi díjazott
Majoros Ottó

2013. évi díjazottak
Dr. univ. Ferencsin Imre Mihály
Glevitzky István
Matolcsi Géza
Rónaföldi Zoltán

2014. évi díjazottak
Dr. András József
Dr. Derekas Barnabás

2015. évi díjazott
Kuzsmiczky Sándor

2016. évi díjazott
Dr. Farkas Géza

2017. évi díjazottak
Bogdán Kálmán
Cseh Béla
Dr. Eisner Béla
Kéthely László
Szabó Árpád

2018. évi díjazott
Suller András

2019. évi díjazott
Forisek István

2020. évi díjazott

2021. évi díjazott
Simon Csaba

2022. évi díjazott
Dr. Káldi Zoltán

2023. évi díjazottak
Dr. Debreczeni Ákos
Végh József

2024. évi díjazott
Dr. Virág Zoltán

2025. évi díjazott
Simicska József

2025. ÉVI DÍJAZOTT



Simicska József

okl. bányamérnök,
bányagépész- és bányavillamos mérnök

Híradásipari műszerészként végzett a székesfehérvári Ságvári Endre Gép- és Híradásipari Szakközépiskolában 1983-ban, majd egy év katonaság után a miskolci Nehézipari Műszaki Egyetem Bányamérnöki Karán szerzett diplomát 1989-ben, okleveles bányagép-és villamosmérnökként.

Az egyetemi nyári gyakorlatok során dolgozott az Oroszlányi Szénbányák márkushegyi üzemében, a mecseki uránbányák 4-es akna üzemében, illetve a Fejér Megyei Bauxit Bányavállalat kincsesbányai üzemében. A mélyművelés szeretete, tisztelete, a szén, az urán, a bauxit bányászat közegét megismerve akkor teljesedett ki teljes mértékben benne.

1989-től a Fejér Megyei Bauxit Bányák Vállalatnál /illetve jogutódjánál a Bakonyi Bauxitbánya Kft-nél/ dolgozott Kincsesbányán a bánya bezárásáig, majd 2002-ig a Fenyőfő 2 bányaüzemben. Mivel pályakezdésekor már kérte, hogy kifejezetten termelésben, termelés irányításban dolgozhasson, pár éven belül gépészeti részlegvezetőként, majd 1994-től gépészeti és villamossági vezetőként irányította a kincsesbányai bányaüzemet.

Irányítása alá tartoztak többek között:

- aknagépek gépészete, villamossága
- szállítószalag rendszerek
- csavar kompresszorok sürített levegő ellátás
- föld alatti diesel szállító-rakodó gépek, szállító járművek - multicarok
- bánya víztelenítés munkahelyi és fővizmentesítő telepekkel, búvárszivattyúkkal
- bánya villamos ellátása 100 kW-os trafótól munkahelyekig
- bauxit szállítás tehergépjárművekkel a moharakodói vasúti berakodóig
- szociális intézmények üzemeltetése kazánházzal, fürdőépülettel, irodaépületekkel
- központi anyagbeszerzés raktárainak üzemeltetése
- külszíni garázsépület üzemeltetése
- gépjavító, gépgyártó üzem
- külszíni gépműhely üzemeltetése
- külfejtéses bányaüzemek gépészeti berendezései

És szomorú feladatként 1999-ben a kincsesi bányaüzem kiszerelése,bezárása.

Az akkori mélyműveléses bányászatban és a bányagépész konferenciákon megszerzett barátságok életre szólóan meghatározóak lettek számára.

A mélyműveléses bányászat jövőjének elvesztése nagy lépés elé állította, megalakította a Kincses Szerviz Kft-t, mely gépészeti szolgáltatásokat végzett főképp a bányászattal foglalkozó cégek számára. Párhuzamosan még 2002-ig a fenyőfői bányaüzem gépészeti részlegvezetőjeként is dolgozott főállásban.

2001-ben kibérelte üzemeltetésre első bányáját Vilonyán, majd 2002-ben ezt a bánya megvásárlása követte. Ekkor alapította meg a Dolomit 2002 Kft-t, így lett fő tevékenysége a kőbányászat, kőfeldolgozás.

A vilonyai bánya megvásárlását követte a magyaralmási és a sárbogárdi bányák kibérlése és üzemeltetése. Közben újabb saját bányák fektetése, nyitása és bányák bérlete követte egymást, Magyaralmáson és Ugodon két-két dolomit bányával, Erdőbényén andezit bányával, Fertőrákoson két kavicsbányával, Csornán homokbányával, Nagygeresden, Vámoscsaládon homokos kavics bányával, Albertirsán homokbányával, tari dalcittufa bányával, balatonfüredi mészkőbányával, szentgáli dolomit és mészkő bányával, valamint Szlovákiában is feldolgoz bazaltot. A Dolomit 2002 Kft az alapanyag ellátásban jelentős 1-3 millió tonna/év mennyiségben szállított az elmúlt 20 évben az ország főbb építkezéseire, illetve egyéb igények ellátására, feldolgozott kőzetanyagot, legfőképp dolomitot.

A bányagépész gyökereknek köszönhetően ezen háttér kiépülése mellett a cégnek módja nyílt az újabb, legfőképp mobil törő-osztályzó berendezések megvásárlására, üzemeltetésére, a szerviz háttér folyamatos fejlesztésére.

Olyan építkezések legfőbb anyagbeszállítójává sikerült válni, mint pl. az M85 és M86 autóút építése, bányanyitástól, organizációtól az aszfalt ellátásig.

A cég mobil gépekkel való fejlesztése a saját és bérelt bányák piacon maradásával a mai napig folyik.

A KONFERENCIA PROGRAMJA

2026. SZEPTEMBER 24. CSÜTÖRTÖK (de.)

Az ülésszakot vezeti:
Majoros Ottó
okl. bányagépész- és bányavillamos mérnök

10.00 Megnyitó
Dr. Zsíros László
kuratóriumi elnök
Bányagépészet a Műszaki Fejlődésért Alapítvány

10.10 Magyarország nemzeti feltárási programja-valami elindulhat
Falus György
Főosztályvezető
Szabályozott Tevékenységek Felügyeleti Hatósága

10.35 Kritikus nyersanyagok törvény-pillantás a hazai nyersanyagtermelés jövőjébe
Dr. Földessy János
professzor emeritusz
Miskolci Egyetem, Ásványtani és Földtani Intézet

11.05 Szünet

11.30 A hidrogén földtani aspektusai-a természetes előfordulásoktól a felszín alatti tárolásig
Horváth Laura
geológus, doktorandusz hallgató - Eötvös Loránd Tudományegyetem Természettudományi Kar, Környezettudományi Doktori Iskola és Litoszféra Fluidum Kutató laboratórium // MS Energy Solutions Kft.

11.50 Kőzetjövesztés a Földön túl
Dr. Virág Zoltán
egyetemi docens
Miskolci Egyetem

12.10 „Kovács László" emlékérmek átadása
Dr. Zsíros László
kuratóriumi elnök
Bányagépészet a Műszaki Fejlődésért Alapítvány

12.30 Ebéd

2026. SZEPTEMBER 24. CSÜTÖRTÖK (du.)

Az ülésszakot vezeti:
Katona János
okl. gépészmérnök

14.30 A Magyar Bányászati Szövetség útkeresései 2.0
Zelei Gábor
ügyvezető főtitkár
Magyar Bányászati Szövetség

14.50 A Mátraszentimrei érctelér tömedékelési munkái 2011-2026; Geo-Faber Zrt.
Weisz Róbert
okl. bányagépész és bányavillamos mérnök
Geo-Faber Zrt.

15.10 Szenzorok szemével a Mátraszentimrei bányában-erőművi pernyével végzett tömedékelés geotechnikai monitorozásának tapasztalatai
Árgyelán József Tibor
Nitrokémia Zrt.

15.30 Szünet

15.45 Az állatok szerepe a bányászat történetében
Hidegkuti Konstantin
földmérő üzemmérnök, ipari tervező szervező közgazdász,
e-közigazgatás szakközgazdász

16.05 A bányászati jogszabályok változása
Dr. Káldi Zoltán
országos bányakapitány
Szabályozott Tevékenységek Felügyeleti Hatósága

16.30 ALAPÍTÓK GYŰLÉSE

19.00 Baráti találkozó
Hell-Bláthy díjak átadása

2026. SZEPTEMBER 25. PÉNTEK (de.)

Az ülésszakot vezeti:
Livo László
okl. bányagépész-és bányavillamos mérnök

9:30 A bányászati stratégiák alakulása a jelenlegi geopolitikai helyzetben
Dr. Dósa János
Dr. Kovács József
Petrozsényi Egyetem, Gép és Villamosmérnöki Kar,
Ipari és Közlekedésmérnöki Tanszék

9:50 Szivattyús energiatározók a felhagyott Mecseki szénbányákban
Nagy László ügyvezető igazgató
Mecseki SZET Mérnökiroda Kft.

10.10 A geofizika szerepe az alagúttervezésben
Törös Endre geofizikus mérnök
Prónay Zsolt geofizikus mérnök
Neducza Boriszláv geofizikus mérnök
Tildy Péter geofizikus mérnök

10.30 Forgódaru telepítése a Pannon Hőerőműben
Hell István
Euro Gumi Kereskedő Kft.

10.50 Szünet

11.05 Kaufmann minerals & processing Kft. bemutatkozása
Kaufmann Ákos ügyvezető

11.20 WELDINGTECH Hegesztéstechnikai Kft. cégbemutatása
Losonczi György gépészmérnök

11.40 Féllábú villamosenergia mixünk elveszíti mankóit is?
Livo László okl. bányamérnök, geotermikus szakmérnök,
c. egyetemi docens,ügyvezető
MARKETINFO Kft.

12.00 Zárszó
Dr. Zsíros László

12.30 Ebéd

A KONFERENCIA ELŐADÁSAI

MAGYARORSZÁG NEMZETI FELTÁRÁSI PROGRAMJA - VALAMI ELINDULHAT

Falus György

ABSTRACT

A COVID-19 járvány nyomán kialakult ellátásilánc-zavarok, a háborús energiaválság és a nagyhatalmi szembenállás rávilágított arra, hogy Magyarország hosszú távú gazdasági fejlődése és társadalmi jóléte szempontjából elengedhetetlen a hazai kritikus és stratégiai nyersanyagok kitermelésének újraindítása és megerősítése. E törekvés összhangban áll az Európai Unió kritikus nyersanyagokról szóló 2024/1252 rendeletével (CRMA), valamint a Draghi-jelentés megállapításaival, amelyek egyaránt hangsúlyozzák az unión belüli tudatos nyersanyag-gazdálkodás jelentőségét és a tagállamok lemaradását a világ más gazdasági erőközpontjaihoz képest.

Magyarország ásványinyersanyag-potenciálja – az ország kiterjedése ellenére – számos kitörési lehetőséget kínál az ellátásbiztonság, a védelmi képességek fejlesztése és az újraiparosítás terén. Ennek hátterében több tényező áll: egyes nyersanyagok mennyisége alkalmas a nemzetgazdasági igények kielégítésére; a műszaki fejlődés nyomán felértékelődtek a kis mennyiségben is jelentős értéket képviselő anyagok; az új kutatási és bányászati technológiák pedig korábban elérhetetlen erőforrásokat tettek hozzáférhetővé. Egyes kritikus nyersanyagok (pl. réz, bauxit, gallium) esetében így mérsékelhető a behozatal, kedvező esetben a hazai termelés fedezheti a szükségleteket.

A sikeres ásványvagyon-gazdálkodás kulcseleme a szisztematikus állami nyersanyagkutatás. Az erre épülő Nemzeti Feltárási Program két pilléren nyugszik: egyrészt a hosszú távú ellátásbiztonságot megalapozó projekteken (pl. a recski érckomplexum, bauxit), másrészt a rövid távon, viszonylag kis ráfordítással megvalósítható lehetőségeken (pl. torlatkutatás, vízben oldott kritikus nyersanyagok, hélium). A program kiemelkedő jelentősége, hogy az SZTFH Földtani Szolgálat koordinációjával a teljes hazai földtudományi szakma – egyetemi kutatóműhelyek és állami vállalatok – egységes, tervszerű nyersanyagkutatási munkája indulhat el, amire évtizedek óta nem volt példa Magyarországon.

KRITIKUS NYERSANYAGOK TÖRVÉNY – PILLANTÁS A HAZAI NYERSANYAGTERMELÉS JÖVŐJÉBE

Dr. Földessy János professzor emeritusz
Miskolci Egyetem, Ásványtani és Földtani Intézet

ABSTRACT

Az EU 2024-ben helyezte hatályba a Kritikus Nyersanyagok Törvényt, hogy a belső erőforrások jobb kihasználásával az Unió nyersanyag függőségét csökkentse. Az EU kritikus elem listáján 2023 óta 34 ásványi nyersanyagfajta szerepel.

A törvény minden tagországra nézve kötelező feladatokat ír elő, többek között a hazai igények 10 %-át kell hazai termelésből, 35 %-át hazai feldolgozásból előállítani 2030-ig. Ennek érdekében alakították ki az SZTFH szakemberei vezetésével Nemzeti Feltárási Programot, melynek első prioritásai között 12 hazai nyersanyagcsoport vizsgálatát tartalmazzák a tervek. A jelenlegi keretet még a mára több ponton idejét múlt bányatörvény – koncessziós törvény és kapcsolódó rendeletek előírásai adják.

A nyersanyagok előteremtése történhet elsődleges, másodlagos forrásokból, vagy akár külföldi termelőhelyek részesedésének megszerzéséből. Bár jelentős szerepe lesz a hulladék feldolgozásnak, ezzel az előadás nem foglalkozik, hanem a 12 előfordulásra fókuszál.

- A recski érckomplexum réz és egyéb kritikus nyersanyag potenciáljának kutatása
- Magyarországi bauxitok és a vörösiszap kritikuselem potenciálja
- Magyarországi mangánércek kritikuselem tartalma
- A Rudabányai-hegység kritikus nyersanyag potenciálja
- Intruzív tevékenységhez kapcsolódó bizmutban gazdag ércesedés kritikus nyersanyag potenciálja
- Foszforit és foszfátokhoz köthető ritkaföldfém előfordulások kutatása
- Torlatos felhalmozódású kritikus nyersanyagok kutatása Magyarországon
- A Dél-Dunántúl pre-mezozoós aljzatának kritikus nyersanyag potenciálja (titán, kobalt, nikkel, nemesfémek)
- A magyarországi neogén vulkáni területek lítium dúsulásainak felderítő kutatása
- Magyarországi cinkércek kritikus nyersanyag potenciálja
- A geotermikus és olajkísérő fluidumokhoz kapcsolódó lítium potenciálja
- Magyarország hélium potenciálja

A feladat várhatóan jelentős nehézségekkel terhelt, és több évig elhúzódik. A megvalósítás anyagi forrásai jelenleg nem láthatók, sem a földtanban, sem a ráépülő kitermelő, előkészítő, végtermék előállító láncban nincs ipari tapasztalattal rendelkező szakember, az ismerethiányból fakadó társadalmi idegenkedés további gátakat emel. A tét viszont igen jelentős. A sikerhez kapcsolódó gazdasági előnyök hatalmasak – a recski ércvagyon fémértéke fedezné jelenlegi teljes államadósságunk több mint 50 %-át. A legelmaradottabb régiókra koncentrálódna jelentős fejlesztés.

Ezért szükséges olyan szakmai állásfoglalás, ami segítene abban a döntéshozók fejében lévő forgalmi lámpa a nyersanyag kitermelő iparunk fejlesztése előtt zöldre váltson.

A HIDROGÉN FÖLDTANI ASPEKTUSAI - A TERMÉSZETES ELŐFORDULÁSOKTÓL A FELSZÍN ALATTI TÁROLÁSIG

Horváth Laura geológus, doktorandusz hallgató
Eötvös Loránd Tudományegyetem Természettudományi Kar,
Környezettudományi Doktori Iskola és Litoszféra Fluidum Kutató Laboratórium
// MS Energy Solutions Kft.

ABSTRACT

Az energetikai átmenet és a klímavédelmi célok elérése érdekében a hidrogén szerepe egyre inkább felértékelődik, méghozzá kettős minőségben: mint a jövő kulcsfontosságú energiatároló közege, és mint elsődleges, szén-dioxid-mentes, potenciálisan megújuló energiaforrás (HIV). Előadásomban e két, geológiai szempontból szorosan összefüggő területet mutatom be.

A villamosenergia-hálózatok stabilitása és az időjárásfüggő megújuló energiaforrások (pl. nap- és szélenergia) robbanásszerű terjedése miatt elengedhetetlen a hatékony, nagyléptékű energiatárolás. A "power-to-gas" (P2G) technológia a megtermelt villamosenergiát gázzá alakítja (pl. H_2) és az így előállított „zöld” hidrogén akár TWh nagyságrendben is tárolható különböző geológiai/földtani közegekben: kimerült szénhidrogén-telepekben, mély sós rezervoárokban, vagy sókavernákban (Tarkowski, 2019; Heinemann et al., 2021). A tárolás biztonságos megvalósításához és a tárolt gáz minőségének megőrzéséhez azonban meg kell értenünk a kőzet-pórusvíz-hidrogéngáz rendszerben lezajló geokémiai reakciókat. Az Eötvös Loránd Tudományegyetem, Litoszféra Fluidum Kutató Laboratóriumában végzett nagy nyomású és hőmérsékletű kísérletekkel a hazai potenciális tárolókőzetek (mint például az Alföldi és Dunántúli Formációcsoport) ásványainak – kvarc, földpát, kalcit, pirit – reaktivitását vizsgáltuk (Gelencsér et al., 2023, 2024; Gelencsér, 2024; Horváth, 2025).

A felszín alatti közeg azonban nemcsak tárolóként, hanem természetes "hidrogéngyárként" is funkcionálhat. A természetes (vagy „fehér”) hidrogén rendszer megismerése napjaink egyik legfelkapottabb kutatási területe (Zgonnik, 2020; Jackson et al., 2024). A hidrogén abiotikus geokémiai folyamatok, legfőképpen a vasban gazdag szilikátásványok hidrotermális átalakulása, az ún. szerpentinesedés folyamata során jön létre. A szerpentinesedés az ásványok szerkezetében lévő vas oxidációjával és hidrogéngáz képződésével jár (Klein et al., 2013; McCollom et al., 2020). Bár ezek a folyamatok leginkább az óceánközépi hátságoknál jellemzőek, a hegységképződések során a kontinensekre került óceáni kéregmaradványokban (ofiolitokban) is zajlanak. Doktori kutatásom során Magyarország természetes hidrogénpotenciáljának felmérését végzem, különös tekintettel a Pannon-medence olyan területeire, mint a Gyódi

Szerpentinit Formáció vagy a Bódvavölgyi Ofiolit Formáció, ahol talajgáz mérésekkel és a kísérleti geokémia módszereivel (nagy nyomású és hőmérsékletű kísérletek, geokémiai modellezés) vizsgálom a hidrogéngáz keletkezését.

A bemutatott geológiai folyamatok megértése kettős haszonnal bír: a természetes hidrogén-előfordulások kiváló "természetes laboratóriumként" szolgálnak a felszín alatti tárolás megértéséhez is. Továbbá a jövő globális és hazai energiabiztonságának egyik legfontosabb iránya lehet a pórustérben végbemenő geokémiai folyamatok feltérképezése és hasznosítása.

Irodalomjegyzék

Gelencsér, O. (2024). Geochemical investigation of geological formations from the perspective of hydrogen storage potential [Eötvös Loránd Tudományegyetem, Természettudományi Kar]. https://doi.org/10.15476/ELTE.2024.342

Gelencsér, O., Árvai, C., Mika, L. T., Breitner, D., LeClair, D., Szabó, C., Falus, G., & Szabó-Krausz, Z. (2023). Effect of hydrogen on calcite reactivity in sandstone reservoirs: Experimental results compared to geochemical modeling predictions. Journal of Energy Storage, 61. https://doi.org/10.1016/j.est.2023.106737

Gelencsér, O., Szabó-Krausz, Z., Németh, T., Árvai, C., Mika, L. T., Kővágó, Á., Breitner, D., Tóth, P., & Falus, G. (2024). K-feldspar – H2 interaction in the context of underground hydrogen storage. Foldtani Kozlony, 154(3), 267–276. https://doi.org/10.23928/foldt.kozl.2024.154.3.267

Heinemann, N., Alcalde, J., Miocic, J. M., Hangx, S. J. T., Kallmeyer, J., Ostertag-Henning, C., Hassanpouryouzband, A., Thaysen, E. M., Strobel, G. J., Schmidt-Hattenberger, C., Edlmann, K., Wilkinson, M., Bentham, M., Stuart Haszeldine, R., Carbonell, R., & Rudloff, A. (2021). Enabling large-scale hydrogen storage in porous media – the scientific challenges. Energy & Environmental Science, 14(2), 853–864. https://doi.org/10.1039/D0EE03536J

Horváth, L. (2025). Kvarc és hidrogén kölcsönhatása felszín alatti energiatárolás szempontjából. Földrajz- és Földtudományi Intézet, Természettudományi Kar, Eötvös Loránd Egyetem.

Jackson, O., Lawrence, S. R., Hutchinson, I. P., Stocks, A. E., Barnicoat, A. C., & Powney, M. (2024). Natural hydrogen: sources, systems and exploration plays. Geoenergy, 2(1). https://doi.org/10.1144/geoenergy2024-002

Klein, F., Bach, W., & McCollom, T. M. (2013). Compositional controls on hydrogen generation during serpentinization of ultramafic rocks. Lithos, 178, 55–69. https://doi.org/10.1016/j.lithos.2013.03.008

McCollom, T. M., Klein, F., Moskowitz, B., Berquó, T. S., Bach, W., & Templeton, A. S. (2020). Hydrogen generation and iron partitioning during experimental serpentinization of an olivine–pyroxene mixture. Geochimica et Cosmochimica Acta, 282, 55–75. https://doi.org/10.1016/j.gca.2020.05.016

Tarkowski, R. (2019). Underground hydrogen storage: Characteristics and prospects. In Renewable and Sustainable Energy Reviews (Vol. 105, pp. 86–94). Elsevier Ltd. https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.01.051

Zgonnik, V. (2020). The occurrence and geoscience of natural hydrogen: A comprehensive review. In Earth-Science Reviews (Vol. 203). Elsevier B.V. https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2020.103140

KŐZETJÖVESZTÉS A FÖLDÖN TÚL

Virág Zoltán, Miskolci Egyetem

ABSTRAKT

Hatalmas iramban és sokszor pazarló módon használjuk nem megújuló erőforrásainkat. A kimerülő erőforrások réme a kozmosz felé hajtja civilizációnkat. Másrészről az emberiség hosszú távú jelenléte a Holdon, a Marson és a kisbolygók övezetében elválaszthatatlanul összefügg a helyben fellelhető nyersanyagok hasznosításának képességével. A Föld gravitációs kútjából történő szállítás rendkívül költséges – a felszíni indítás, majd a holdi vagy marsi leszállás összesített energiaigénye miatt minden, a helyszínen előállítható tonna nyersanyag jelentős megtakarítást jelent a teljes küldetésköltségben. Az hasznosítási lánc első és egyben legkritikusabb lépése a jövesztés: a Holdon is megtalálható regolit vagy szilárd kőzet mechanikai felszabadítása, fellazítása és begyűjtése, amely minden további folyamat – szállítás, osztályozás, dúsítás, kémiai feldolgozás – előfeltétele.

1. BEVEZETÉS

Az űrtevékenységet - beleértve a jövőbeli gazdálkodást is - öt nemzetközi szerződés és öt ENSZ-határozat szabályozza. A tárgyuk meghatározása azonban igen tág. Az 1967-es szerződés, amelyet gyakran az űr "alkotmányának" neveznek, kimondja: a kozmosz az egész emberiségé. Ez önmagában is merész állítás. A szerződés szerint minden nemzetnek joga van felfedezni és felhasználni az űr távoli tartományait. Ugyanakkor ez a dokumentum azt is rögzíti, hogy senki nem birtokolhat semmit odakint - még egy aszteroidát sem. Ebből a paradoxonból fakad, hogy egyre több ország gondolkodik saját űrgazdasági jogszabályok megalkotásán. Az Egyesült Államok idén elfogadott törvénye, a kereskedelmi űrexpedíciók versenyképességéről, éppen ezt célozza: megkönnyíteni a magánvállalkozások számára az űrbéli tevékenységet, miközben az ország nemzetközi kötelezettségvállalásaival is összhangban marad. A törvény egyik lényeges korlátja, hogy kizárólag élettelen anyagokra vonatkozik. Vagyis a magáncégek bányászhatnak fémeket vagy ásványokat.

Az űrbányászat iránti érdeklődés mögött a földi nyersanyagellátás egyre feszítőbb problémái állnak. A Nemzetközi Energiaügynökség szerint a tiszta energiára való átállás a kritikus nyersanyagok - réz, lítium, nikkel, kobalt, grafit és ritkaföldfémek - iránti keresletet 2040-ig a jelenlegi szint kétszeresére emeli, ezek együttes piaci értéke pedig elérheti a 770 milliárd dollárt (International Energy Agency (2024)). A ritkaföldfémek és a platinacsoport fémei nélkülözhetetlenek az állandó mágnesekhez, akkumulátorokhoz, katalizátorokhoz és félvezetőkhöz, ám földi lelőhelyeik kevés helyre koncentrálódnak, kitermelésük pedig súlyos környezeti és társadalmi terhekkel jár - vízszennyezéssel, feszültségekkel a helyi közösségekben.

A Naprendszer kisbolygói ezzel szemben ugyanezeket a stratégiai elemeket sűrítve rejtik magukban. Egyetlen közepes méretű, fémes összetételű (M-típusú) kisbolygó nagyságrendekkel több platinacsoport fémet tartalmazhat, mint amennyit a Föld egy év alatt kitermel. Egy ilyen égitest becsült platinakészletének piaci értéke akár több

tízmilliárd dollárra is rúghat - összevetésül: a világ legnagyobb platinatermelője, Dél-Afrika éves kibocsátásának értéke ennek töredéke, néhány milliárd dollár (Yarlagadda (2022)). Nem véletlen hát, hogy sokan az aszteroidabányászatban látják a világűrgazdaság kulcsát: egyszerre kínálhat kiutat a földi készletek fogyásából, és csökkentheti a felszíni bányászat ökológiai árát (Sonter (2001)).

Az űrbányászat így nem öncélú vállalkozás, hanem a földi nyersanyagbiztonság megőrzésének és az emberiség Naprendszeren belüli terjeszkedésének közös előfeltétele. Éppen ez adja a jövesztési technológiák fejlesztésének valódi tétjét. Az egész fenntartható űrjelenlét azon áll vagy bukik, hogy képesek vagyunk-e a szilárd égitestek felszínéről hatékonyan kinyerni a nyersanyagot.

2. KÖRNYEZETI ÉS GEOTECHNIKAI KONTEXTUS

Négy tényező szabja meg, milyen jövesztési technológia használható egy adott égitesten: a gravitáció, a légköri nyomás, a hőmérséklet-ingadozás és a regolit vagy kőzet geotechnikai tulajdonságai. Satish, Radziszewski és Ouellet összehasonlító táblázata (1. táblázat) szemlélteti, hogy a Föld, a Hold és a Mars között a gravitáció (1 g, 0,166 g, 0,377 g), a légköri nyomás (~1000 mbar, ~3×10^{-12} mbar, ~6 mbar) és a hőingadozás tekintetében is jelentős eltérések mutatkoznak; ekkora eltérések mellett a földi bányászati berendezések átalakítás nélkül nem használhatók (Satish és tsai (2005)).

1. táblázat
A Föld, a Hold és a Mars környezeti paramétereinek összehasonlítása

Paraméter	Föld	Hold	Mars
Gravitáció (g)	1,0	0,166	0,377
Légköri nyomás	~1000 mbar	~3×10^{-12} mbar	~6 mbar
Hőmérséklet-tartomány	10–20 °C	–171 … +111 °C	–90 … –30 °C
Jellemző talaj	változó, kohézív	szögletes, tömör regolit	részben fagyott regolit/jég
Fő jövesztési kihívás	ismert technológia	reakcióerő-hiány, por, vákuum	fagyott talaj szilárdsága, porviharok

2.1. A Hold

A holdi regolit finomszemcsés, szögletes, törésre hajlamos szilikátszemcsékből áll. A regolit sűrűsége és nyírószilárdsága a mélységgel nem egyenletesen növekszik, ami adott jövesztőeszköz teljesítményének romlásához vezethet mélyebb rétegekben. Egységes, elfogadott mérőszámkészlet híján a különböző jövesztési koncepciók teljesítménye nehezen vethető össze, a prototípusok objektív rangsorolása pedig bizonytalan. (Just és tsai (2020))

A holdi vákuum (~3×10^{-12} mbar) átírja a jövesztés fizikáját. A robbantás hatásfoka eltér a földitől, mert a robbanási gázok kontrollálatlanul expandálnak. A por viselkedése is megváltozik: légellenállás híján a szemcsék ballisztikus pályán, nagy sebességgel szóródnak szét, és megrongálhatják a berendezést.

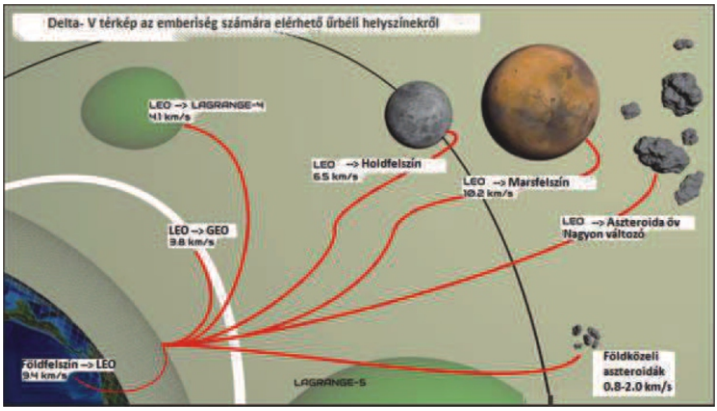
2.2. A Mars

A Mars körülményei a Hold és a Föld közötti átmenetet képviselik: gravitációja 0,377 g, és egy ritka, ~6 mbar-os CO_2-légkör is jelen van. A marsi regolit megkülönböztető jellemzője a feltételezett, egyes területeken igazolt fagyott altalaj, amelynek szilárdsága akár 10 MPa-t is elérhet, ez speciális, hővel kombinált fúrási vagy olvasztásos technológiák kifejlesztését indokolja. A marsi poros viharok külön kihívást jelentenek a napenergia-függő berendezések üzemeltetésében. (Satish és tsai (2005))

2.3. Kisbolygók

A kisbolygók jövesztési problémája alapvetően eltér a Hold és a Mars esetétől: a mikrogravitációs környezetben a szökési sebesség gyakran néhány cm/s, így egy mechanikus jövesztőeszköz reakcióerejének töredéke is elegendő lehet ahhoz, hogy a berendezés vagy a fellazított anyag elhagyja a felszínt. A mai napig nem létezik mikrogravitációs környezetre specifikusan kifejlesztett, validált jövesztési technológia. (Just és tsai (2020), ASIME (2016)) Az egyes égitestek energetikai elérhetőségét az 1. ábra „Δv"-térképe foglalja össze. Minél kisebb a szükséges sebességváltozás, annál kevesebb energiával érhető el az égitest. A földközeli aszteroidák egy része (0,8–2,0 km/s) energetikailag kedvezőbben elérhető, mint a Hold felszíne.

Az aszteroidák összetétele is rendkívül heterogén: a C-, S- és M-típusú kisbolygók egészen más jövesztési stratégiát igényelnek. Lucz, Virág és Tompa 2019-es áttekintő tanulmánya ezt a négy fő lehetséges eljárástípus (kotrógépes külszíni fejtés, mélyművelés, mágneses vonzás, hevítéses/szárításos eljárás) összehasonlításával szemléltette.



1. ábra
A releváns égitestek elérhetőségének „Δv"-térképe (Lucz (2019))

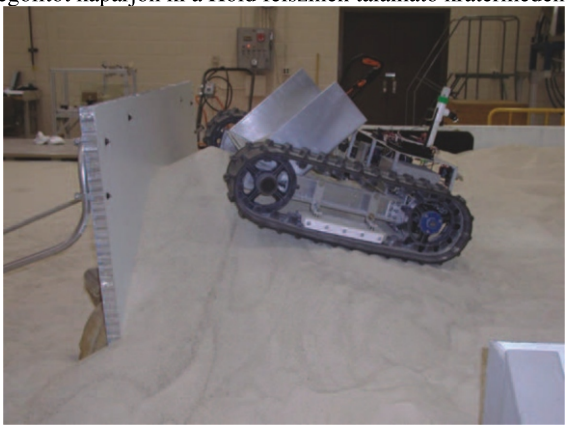
3. MECHANIKUS JÖVESZTÉSI TECHNOLÓGIÁK

3.1. Diszkrét (batch) jövesztőeszközök

A diszkrét, ciklikus működésű eszközök, kotrólapátok, kanalas kotrók, kagylókotrók, buldózerlapok, a legjobban dokumentált megoldások közé tartoznak. Just, Smith, Joy és Roy átfogó paraméteres áttekintése tizenhárom különböző jövesztési eljárást vizsgált, és ezeket diszkrét és folytonos, illetve mobilis és önálló rendszerekre osztotta, hat teljesítményparaméter alapján hasonlítva össze azokat. (Just és tsai (2020))

A diszkrét eszközök gyengéje a szaggatott terhelés: minden kanálnyi anyag felszedésekor a berendezésnek hirtelen nagy reakcióerőt kell felvennie. Csökkentett gravitációban ez gond, mert a kis tömegű holdjárók elcsúsznak vagy elemelkednek a talajról.

A Cratos-t (2. ábra) eredetileg úgy tervezték, hogy egy kis alapterületű, alacsony energiafogyasztású, lánctalpas járművet teszteljenek vele, amely képes átkelni egy kráter falán, és regolitot kaparjon ki a Hold felszínén található krátermedencéből.



2. ábra
Cratos egy rámpát épít (Greer és tsa, 2013)

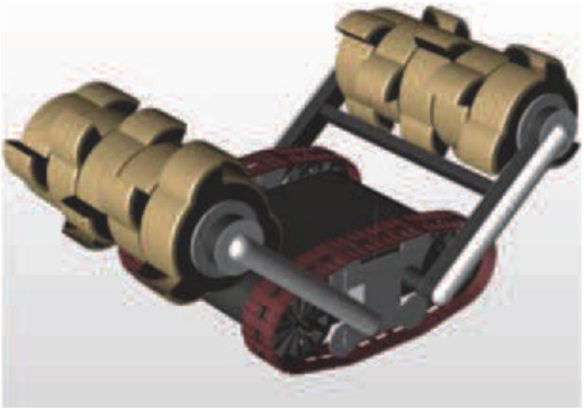
A holdi regolit finomszemcsés, szögletes, törésre hajlamos szilikátszemcsékből áll. A regolit sűrűsége és nyírószilárdsága a mélységgel nem egyenletesen növekszik, ami

3.2. Folytonos jövesztőrendszerek: marótárcsás, merítéklétrás és vödördob

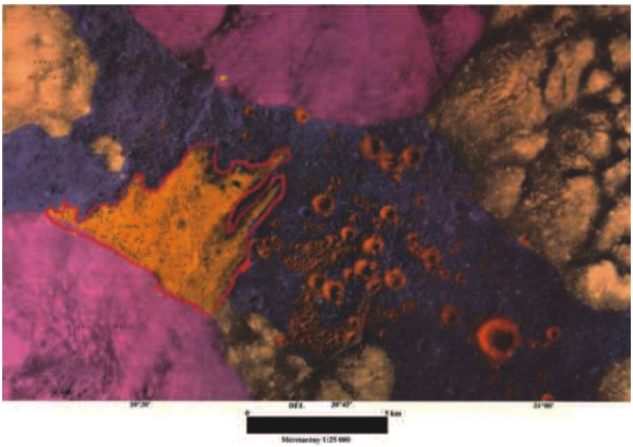
A folytonos üzemű rendszerek, marótárcsás kotrók, merítéklétrás és vödördob rendszerek, az utóbbi két évtized kutatásának fő fókuszába kerültek, mivel folyamatos, kiegyenlített terhelési profiljuk miatt jóval kisebb csúcsreakcióerőt igényelnek. A Colorado School of Mines kutatócsoportja közvetlen összehasonlítást végzett a marótárcsás és a merítéklétrás kivitelek között azonos szimulánsanyagon, termelési ráta és energiafelhasználás szerint értékelve. (Johnson és van Susante (2006))

A NASA Kennedy Space Center Swamp Works laboratóriuma fejlesztette ki a RASSOR (Regolith Advanced Surface System Operations Robot) platformot, amely két ellentétesen forgó vödördobbal dolgozik. A koncepció kulcseleme a nettó nulla reakcióerő elve: a két dob ellentétes irányú forgatónyomatéka miatt a vízszintes

reakcióerők nagyrészt kioltják egymást, lehetővé téve a stabil jövesztést rendkívül alacsony gravitációban, nagy tömegű lehorgonyzó rendszer nélkül. (Mueller és van Susante (2011), Mueller és tsai (2013a)) A NASA 2020-ban nyilvános GrabCAD tervezési versenyt is indított a vödördob geometriájának optimalizálására. (NASA (2020)) A RASSOR jellegzetes, kettős vödördobos kialakítását a 3. ábra szemlélteti.



3. ábra
A RASSOR (Regolith Advanced Surface System Operations Robot) vödördobos kialakításának háromdimenziós modellje (Lucz, Virág és Tompa (2019), GrabCAD (https://grabcad.com/library/nasa-rassor-1))

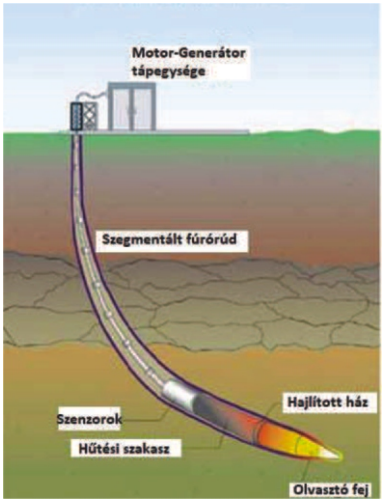


4. ábra
A Lucz és Virág (2020) által javasolt célterület a Taurus–Littrow-völgyben: a piros körvonallal jelölt, mintegy 25 km²-es, bazaltos (ilmenitben gazdag) régió (Lucz és Virág (2020), U.S. Army Topographic Command térképe alapján)

Lucz és Virág 2020-as tanulmánya a RASSOR-koncepció konkrét holdbázis-ellátási alkalmazását modellezte számszerűen. A szerzők célterületként a Taurus–Littrow-völgyet javasolták, ahol az Apollo–17 küldetés is leszállt,, mivel a bazaltos regolit mintegy 25 km²-en fordul elő, kevés krátert tartalmaz, és az ilmenittartalom (~25%) révén víz, majd oxigén nyerhető ki. Csupán a felső 5–10 cm letermelésével több mint 1 millió m³ regolit válna feldolgozhatóvá. Egy 500 kg-os, ciklusonként ~20 kg kapacitású RASSOR-egységgel, napi 14 órás működési idő és 28 ciklus/nap mellett a szerzők arra a következtetésre jutottak, hogy egy négyfős legénység éves oxigénigényét (~7309 kg/év) két egyidejűleg üzemelő gép képes biztosítani, és a kijelölt terület több mint 10 000 éven át fenntartható kitermelést tesz lehetővé. A szerzők hangsúlyozták, hogy a becslés számos egyszerűsítő feltevésen alapul, és a jeges regolit pontosabb karakterisztikájának hiánya, illetve az űrbeli véletlenszerű meghibásodások lehetősége a kotrási mélység és a gépszám finomhangolásával kezelhető. A javasolt célterületet az 4. ábra mutatja be.

3.3. Fúrási technológiák

Satish és szerzőtársai áttekintése részletes összehasonlító táblázatot ad a versengő bolygóközi fúrási technológiákról, beleértve a percussziós fúrókat, kábeles fúrókat, forgófúrókat, talajba szúrt fúrókat, "vakond" típusú eszközöket, vízsugaras fúrókat, termikus repesztéses fúrókat és kőzetolvasztásos fúrókat (Satish és tsai (2005)). A rotációs-percussziós fúrási elv az Apollo-program óta a Hold-fúrás kitüntetett megoldása.



5. ábra

Kőzetolvasztásos fúrási technológia, amelynél az előrehaladás a kőzet megolvasztásával történik, öblítőfolyadék nélkül (Lucz (2019), Federer G. nyomán)

Az ultraszonikus/szonikus fúró-magfúró (USDC), amely piezoelektromos ultraszonikus kürtre épül, mindössze 450 grammos tömege és 5 wattos energiaigénye mellett képes gránit, diorit és bazalt fúrására 5 newton alatti előterhelés mellett. A mintavételi célú mélyfúrási elvek közül a béléscső-befúrásos és a kőzetolvasztásos megoldást a 5. ábra szemlélteti.

3.4. Mechanikus jövesztés mikrogravitációban: aszteroidák

Az ASIME 2016 fehér könyv iparági szakértői hangsúlyozzák, hogy a kereskedelmi szereplők tudatosan a legkisebb technológiai kockázatú, földi analógiával rendelkező kitermelési módszerek felé orientálódnak. Az egyik koncepció lebegő űreszközhöz csatlakoztatott, ellentétesen forgó marótárcsát használ: a kerekek szögimpulzusa kioltja egymást, ami lehetővé teszi a hover üzemmódot. Cserébe lassan kell forogniuk és elég nehéznek kell lenniük, különben a berendezés elszabadul. (ASIME (2016))

Lucz, Virág és Tompa (2019) az aszteroida-bányászat lehetséges jövesztési eljárásai közül négyet tárgyal összehasonlítóan: (1) kotrógépes külszíni fejtést , az aszteroidák kemény külső rétege miatt nem optimális, aránytalanul nagy energiát igényelne; (2) mélyművelést , csak bolygókra vagy nagyobb aszteroidákra alkalmas a kilométeres vágatok igénye miatt; (3) mágneses vonzást , egy pályára állított aszteroidát apróbb darabokra szétválasztva mágnes segítségével gyűjtőtárolókba irányíthatók a törmelékek; (4) hevítéses/szárításos eljárást , amelynek két iránya van: veszélyes aszteroidák pályaeltérítése, illetve a párolgás során felszabaduló gőz begyűjtése bányászati céllal.

4. ROBBANTÁSOS ÉS EGYÉB ENERGIAALAPÚ JÖVESZTÉSI ELJÁRÁSOK

A földi bányászatban a robbantás a kemény, konszolidált kőzetek jövesztésének bevett módja. Az űrben azért vonzó, mert kis tömegű robbanóanyag is sok energiát szabadít fel.

4.1. Kémiai robbantás a holdi/marsi vákuumban

A kémiai robbanóanyagok holdi alkalmazását az Apollo-program szeizmikus kísérleteihez sikeresen alkalmazott HNS/Teflon robbanóanyag igazolta, amelynek detonációs sebessége megegyezik a TNT-évl, és ellenáll a holdi vákuum szélsőséges körülményeinek. (Joachim (1988))

Cox (2000) a robbantási minták földi tervezési egyenleteit módosította a holdi csökkentett gravitáció figyelembevételével, és 0,04 kg/m³ fajlagos robbanóanyag-mennyiséget jósolt meg lágy kőzetekhez, illetve 0,12 kg/m³-t kemény kőzetekhez. A kis méretű robbanóanyagos előrepesztés és mechanikus jövesztés kombinációja (hibrid stratégia) hatékony lehet: a robbanóanyagos előfellazítás holdi szimulánsban jelentősen csökkenti az ásós és vontatott kotrók által igényelt jövesztési erőt. (Joachim (1988))

4.2. Elektromos és plazmarobbantás

Az elektromos robbantás (elektro-hidraulikus hatás) kémiai robbanóanyag nélkül, elektromos energia segítségével végzi a kőzetrepesztést. Satish és szerzőtársai (2005) összehasonlító táblázata szerint az elektromos robbantás alkalmazhatósági besorolása

magas, szemben a kémiai robbantás alacsony-közepes besorolásával, éppen a vákuumbeli gázfelszabadulási probléma és a robbanóanyag-kezelési kockázatok miatt.

A Noranda vállalat által kifejlesztett plazmarobbantási technológia a tárolt elektromos energia gyors kisütésén alapul egy kis mennyiségű elektrolitba, amely magas hőmérsékletű, magas nyomású plazmává alakul, és lökéshullámokkal repedéseket idéz elő a kőzetben (Satish és tsai (2005)). Az űrbányászatban azért ígéretes, mert nem hordozza sem a kémiai robbantás szállítási és tárolási kockázatát, sem a vákuumbeli gázexpanzió kontrollálhatatlanságát.

4.3. Termikus és elektromágneses kőzetbontás

A NASA Optikai Bányászat (Optical Mining) technológiája koncentrált napfénnyel jöveszti a felszínt, mechanikus érintkezés nélkül. A teljes méretű (8 kW), 10 méter átmérőjű napkoncentrátorral végzett vákuumdemonstráció CI-típusú aszteroidaszimulánssal, mechanikus érintkezés nélkül igazolta a jövesztési és illékonyanyag-kinyerési folyamat fizikai modelljét. (Sercel (2024)) A termikus bányászat (thermal mining) NIAC Phase I koncepciója a holdi illékony anyagok kinyerésére fókuszál anélkül, hogy fizikailag jövesztené a regolitot: a felszín alatti gőznyomás a gőzt minden irányban kiáramoltatja, amelyet kriogén hidegcsapdákkal gyűjtenek be, csökkentve a nehéz jövesztőjárművek szükségességét. (Sercel (2024))

A rakétahajtómű-alapú bányászati koncepció Mach-gyémántokat (standing shock waves) használ a regolit gyors jövesztésére: az irányított energia koncentrálása mély kráterezést tesz lehetővé, és a rendszer kompakt, távolról, rover nélkül is üzemeltethető. (Sercel (2024))

4.4. Akusztikus jövesztési koncepciók

A Lunar Acoustic Resource Mining (LARM) koncepció kontrollált akusztikus nyomáshullámok segítségével éri el az anyagszétválasztást, megőrizve a tudományosan jelentős geológiai struktúrákat, miközben hozzáférést biztosít a kritikus erőforrásokhoz. Ez a koncepció a feldolgozott szakirodalomban még kísérleti, validálatlan fázisban van. (Unpatentable.org (2025))

ÖSSZEGZÉS

A Hold, a Mars és a kisbolygók jövesztési kihívásai közös elvekből indulnak, de eltérő mérnöki megoldásokat kívánnak. A mechanikus jövesztési technológiák, különösen a folytonos üzemű vödördob- és marótárcsás-rendszerek, jelenleg a legérettebb megoldást adják, amit a NASA RASSOR-program és az Interlune/Vermeer prototípus egyaránt megerősít. A robbantásos és egyéb energiaalapú technológiák, a kémiai robbantástól a plazmarobbantásig és az optikai bányászatig, ígéretes, de egyenetlenül kutatott alternatívát kínálnak.

A standardizált teljesítménymérési protokollok, a mikrogravitációs validáció és a hosszú távú megbízhatósági adatok hiánya továbbra is jelentős akadályt képez a technológiák közötti megalapozott összehasonlításban. A következő lépés ezért kettős: az egyes jövesztési koncepciók finomítása és az egységes, összehasonlítható tesztmetodológiák kidolgozása.

IRODALOMJEGYZÉK

1. ASIME 2016 White Paper: Asteroid Mining – In-Space Utilisation of Asteroid Resources. Asteroids Science Intersections with MEga-eROsion (ASIME), 2016.
2. Boles, W. W., Scott, W. D., Connolly, J. F. (1997). Excavation forces in reduced gravity environment. Journal of Aerospace Engineering, 10, 99–103.
3. Boyle, A. (2026). Interlune digs into the development of an excavator for helium-3 and construction projects on the moon. https://www.geekwire.com/2026/interlune-excavator-helium-3-moon-construction/
4. Cox, R. M. (2000). Fragmentation of lunar rock with explosives. Space 2000, pp. 805–812.
5. Giel, S., Hurrell, J., Santra, S., Mishra, A., Uno, K., Yoshida, K. (2025) Design and Development of a Modular Bucket Drum Excavator for Lunar ISRU (2025). arXiv:2511.00492. https://doi.org/10.48550/arXiv.2511.00492
6. Gorman, D. (2025). Interlune Unveils Prototype Lunar Helium-3 Excavator. https://payloadspace.com/interlune-unveils-prototype-lunar-helium-3-excavator/
7. Greer, L.C., Krasowski, M.J., Prokop, N.F., Spina, D.C., 2013. Cratos: the Evolution of a Robotic Vehicle. NASA/TM-2013-216491.
8. Hidayat, M. (2026). Vermeer's Lunar Construction Machine Reshaping Off-World Building. https://discoveryalert.com.au/vermeer-lunar-construction-machine-helium-3-excavator-2026/
9. Interlune (2025). Space Resources Company Interlune Unveils Full-Scale Prototype of Excavator for Harvesting Helium-3 from the Moon. https://www.interlune.space/press-release/space-resources-company-interlune-unveils-full-scale-prototype-of-excavator-for-harvesting-helium-3-from-the-moon
10. International Energy Agency (2024). Global Critical Minerals Outlook 2024. IEA, Paris. https://www.iea.org/reports/global-critical-minerals-outlook-2024
11. Joachim, C. E. (1988). Extraterrestrial excavation and mining with explosives. Engineering, Construction, and Operations in Space, Space 88, pp. 332–343.
12. Johnson, L. L., van Susante, P. J. (2006). Excavation System Comparison: Bucket Wheel vs. Bucket Ladder. Space Resources Roundtable VIII, LPI Contribution.
13. Just, G. H., Smith, K., Joy, K. H., Roy, M. J. (2020). Parametric review of existing regolith excavation techniques for lunar ISRU and recommendations for future excavation experiments. Planetary and Space Science, 180, 104746.
14. Klosky, J. L., Sture, S., Ko, H. Y., Barnes, F. (1996). Vibratory excavation and anchoring tools for the lunar surface. Proc. Int. Conf. on Engineering, Construction, and Operations in Space, vol. 2, pp. 903–911.
15. Lucz Zs. (2019). Az űrbányászat lehetőségei. Szakdolgozat, 68 o., Miskolci Egyetem, Műszaki Földtudományi Kar, Bányászati és Geotechnikai Intézet, Miskolc.
16. Lucz Zs., Virág Z. (2020). Bányászat a Holdon. Műszaki Földtudományi Közlemények, 89. kötet, 1. szám, pp. 300–305. HU ISSN 2063-5508.

17. Lucz Zs., Virág Z., Tompa R. (2019). Az űrbányászat lehetőségei. In: XXI. Bányászati, Kohászati és Földtani Konferencia, EMT, Nagybánya, 2019. május 9–12., pp. 112–116. ISSN 1842-9440.
18. Mueller, R., Cox, R., Ebert, T., Smith, J., Schuler, J., Nick, A. (2013a). Regolith Advanced Surface Systems Operations Robot (RASSOR). IEEE Aerospace Conference Proceedings. 1-12. https://doi.org/10.1109/AERO.2013.6497341.
19. Mueller, R., Schuler, J. M., Smith, J. D., Nick, A. J., Lippitt, T. (2013b) Reducing Extra-Terrestrial Excavation Forces with Percussion, 2013 IEEE Aerospace Conference, Big Sky, MT, USA, 11p., 20120017917.pdf, https://ntrs.nasa.gov/
20. Mueller, R. P., van Susante, P. A. (2011). Review of Lunar Regolith Excavation Robotic Device Prototypes. AIAA Space 2011, Long Beach, CA.
21. NASA (2020). RASSOR Bucket Drum Design Challenge. GrabCAD. https://grabcad.com/challenges/nasa-rassor-bucket-drum-design-challenge
22. NASA (2023). Overview: In-Situ Resource Utilization. https://www.nasa.gov/overview-in-situ-resource-utilization/
23. Rezich, E., Butt, G., Aubin-Fournier, P-R., Skonieczny, K., Haskin, I., Nguyen, Q. (2025) Effect of reduced gravity on tool forces of an ultrasonically vibrating blade in regolith simulant, Acta Astronautica, vol. 236, pp. 1272-1286, https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2025.07.049
24. Satish, H., Radziszewski, P., Ouellet, J. (2005). Design issues and challenges in lunar/Martian mining applications. Mining Technology (Trans. Inst. Min. Metall. A), 114, A107–A117. DOI: 10.1179/037178405X53917
25. Sercel, J. (2024) Optical Mining of Asteroids, Moons, and Planets to Enable Sustainable Human Exploration and Space Industrialization. https://www.nasa.gov/general/optical-mining-of-asteroids-moons-and-planets-to-enable-sustainable-human-exploration-and-space-industrialization/
26. Skonieczny, K. (2018). Reduced Gravity Excavation Cutting Forces Considering Soil Accumulation. Earth and Space 2018: Engineering for Extreme Environments, ASCE.
27. Sonter, M. J. (2001). Asteroid Mining: Key to the Space Economy. Ad Astra, National Space Society, Washington, D.C.
28. Unpatentable.org (2025). Acoustic Lunar Mining: A Non-Destructive Extraction System for Subsurface Lunar Resources. https://unpatentable.org/innovation/acoustic-lunar-mining/
29. Yarlagadda, S. (2022). Economics of the Stars: The Future of Asteroid Mining and the Global Economy. Harvard International Review, April 8, 2022. https://hir.harvard.edu/economics-of-the-stars/
30. Zhang, L., Schuler, J., Dokos, A., Xu, Y., Bell, E., Muller, T. (2024). ISRU Pilot Excavator Wheel Testing in Lunar Regolith Simulant. https://www.nasa.gov/wp-content/uploads/2024/07/asce-es-2024-isru-pilot-excavator-wheel-testing.pdf

A Magyar Bányászati Szövetség útkeresései 2.0

Zelei Gábor

(Az előadás anyaga a kiadvány nyomdába kerüléséig nem érekezett meg)

A MÁTRASZENTIMREI ÉRCTELÉR TÖMEDÉKELÉSI MUNKÁI 2011-2026; GEO-FABER ZRT.

Weisz Róbert okl. bányagépész és bányavillamossági mérnök

ABSTRACT

2006 őszén azzal a feladattal bízta meg a GEO-FABER Zrt.-t a MECSEK ÖKO Környezetvédelmi Zrt.-n keresztül a MECSEKÉRC Zrt., hogy végezze el a mátraszentimrei érctelér még nyitott üreg-, és vágatrendszerének tömedékelését. (~130.000 m^3) 2003-ban ugyanis az akkori ÁPV. Zrt. pályázatot hirdetett a Gyöngyösoroszi bányabezárásra, (GYOB projektek) amely a felhagyott mátraszentimrei bányatérségek egykori fejtési üregrendszereiben maradt különböző szulfidok folyamatos oxidációja következtében toxikus nehézfémekkel szennyezett, erősen savas kémhatású bányavizek felszínre való kijutásának csökkentését és megakadályozását is magába foglalta.

A feladatunk gyakorlatilag az egykori fejtési üregek és vágatrendszerek erőművi pernyéből előállított bázikus sűrűzaggyal való feltöltését jelentette, megszüntetve ezzel az itt káros kémiai folyamatokat, ezzel együtt pedig a folyamatos környezetszennyezést.

A feladat végrehajtásához először is meg kellett terveznünk a kivitelezés bányászati technológiáit, úgy mint a:

- Vágathajtási technológiát és utasításait,
- Az ezekhez szükséges robbantási munkákat és robbanóanyag raktár tervezését,
- Vágat átbiztosítási, talp-és főtepadozati technológiákat,
- Fejtési üregek feltárási módjait,
- Fúrás műveleti technológiákat,
- Komplex tömedékelés-technológiát,
- Szellőztetési törzsfa megtervezését,
- A teljes munka-, és balesetvédelmi utasításokat, kockázatelemzéseket,
- Bányamentés megszervezését, fedővédelem biztosítását,

Foglalkoznunk kellet továbbá a végrehajtáshoz szükséges technikai hátterek kialakításával:

- Felvonulási, szociális-, és műhely épületek kialakítása,
- Aknaszállítási rendszer kiválasztása, tervezése, beszerelése és üzembe helyezése,
- Villamos hálózatok (kis-, és középfeszültségű) megtervezése és kiépítése (630 kW)
- Sűrített levegős rendszer megtervezése, kiépítése az ehhez szükséges kompresszor telepekkel együtt, (~ 8 km; NA110 KPE; 6 bar, ~35 Nm3/min)
- Szellőztető gépház kialakítása, és szellőztetőgépek telepítése, (fő-, és segédszellőztetők)

- Vasúti szállítás megteremtése, folyamatos üzemvitelének biztosítása,
- Tömedékelés technikai eszközeinek tervezése, megépítése, beszerelése,
- Rakodó és szállítógépek beszerzése,
- Sűrített levegős fúróberendezések beszerzése, a technológia elsajátítása,

Mindezek után elvégeztük a tömedékelési munkák közvetlen megkezdhetőségének feladatait:

- MSZI függőakna újra nyitása, (345 m)
- MSZI lejtősakna feltárása, átbiztosítása, (210 m)
- Altáró, MSZI haránt, valamint az MSZI telér-, és harántvágatainak feltárása, átbiztosítása: ~ 10.000 (!) m,
- Talp-, és fejpadozatok építése: ~300 m,
- Kerülő-, és fúróvágatok, valamint fúrási kamrák kihajtása fúrással-robbantással andezitben: ~ 1000 (!) m,
- Fejtési üregek közvetlen feltárása telérvágat átbiztosításával: 35.000 m^3
- Fejtési üregek feltárása fúrással: 75.000 m^3
- Felszín alatt lefúrt fúróméterek: ~ 8000 m (Ø130)

A fentebb leírt összes feladat elvégzése után jöhetett csak az érdemi munka, azaz a tömedékelésre előkészített bányatérségek feltöltése sűrűzaggyal:

- Tömedékelendő térfogat: ~ 120.000 m^3 (az MSZI függőleges # és rakodói nélkül)
- Az első üzemszerű tömedékelési nap: 2012.07.23. (MSZI 1.szint keleti csapásvágat)
- Az utolsó tömedékelési nap 2025.11.27. (Lejtős # tömedékelése)
- Leadott sűrűzagy mennyisége: ~131.050 t
- Leadott erőművi pernye: ~102.000 t
- Teherautók fordulószáma: ~ 4.000 kanyar (25 t pernye/kanyar)
- Bekevert CaO tömege: ~ 2.500 t
- Keverések száma: ~ 2.600 db (!)
- Tömedékelési napok száma: ~ 500 nap
- Súlyosabb baleset vagy rendkívüli üzemzavar nem történt!

Az MSZI érctelér jelenleg még nyitott része az MSZI függőleges # teljes hosszban és a kapcsolódó aknarakodók minden egyes szintzáró gátig terjedő térsége. Ezen térségek tömedékelése az Altáró és az MSZI haránt tömedékelési munkáinak befejezése után ~ 2029-ben várható.

Jó szerencsét!

SZENZOROK SZEMÉVEL A MÁTRASZENTIMREI BÁNYÁBAN - ERŐMŰVI PERNYÉVEL VÉGZETT TÖMEDÉKELÉS GEOTECHNIKAI MONITOROZÁSÁNAK TAPASZTALATAI

Árgyelán József Tibor - Nitrokémia Zrt.

ÖSSZEFOGLALÁS

A Gyöngyösoroszi I. ércbánya mátraszentimrei bányatérségének végleges lezárása során a felhagyott üregrendszert erőművi pernye, mész és bányavíz felhasználásával készített zaggyal tömedékelték. A kivitelezés és a hosszú távú állapotváltozások ellenőrzésére több vágatszinten geotechnikai mérőállomások létesültek, amelyek pórusvíznyomást, függőleges és vízszintes teljes nyomásokat, valamint hőmérsékletet rögzítettek. A több mint tízéves idősorok alapján a friss zagy kezdeti, közel hidrosztatikus állapotát konszolidáció, kötés és irányfüggő teherátadás váltotta fel. A megszilárdult tömedék több helyen kiékelődő, boltozódó, a kőzettel együtt dolgozó szerkezetként viselkedett, ezért a felsőbb szintek terhelése csak korlátozottan adódott át az alsóbb térségek felé. A nyomás- és hőmérsékleti adatok egyúttal feltárták fejtések és vágatok környezetében a bányászati tevékenység hatására kialakult, fokozottan repedezett kőzettömeg tönkremeneteli zónáján (Excavation Damaged Zone, EDZ) keresztül fennmaradó hidraulikai kapcsolatokat, a beszivárgási és technológiai vízimpulzusokat, valamint a leürülési útvonalak időbeli változását. A monitoring legfontosabb tanulsága, hogy a teljes nyomás, a pórusvíznyomás és a hőmérséklet együttes értékelése alkalmas a mechanikai és hidraulikai folyamatok elkülönítésére és a tömedék hosszú távú viselkedésének ellenőrzésére.

ABSTRACT

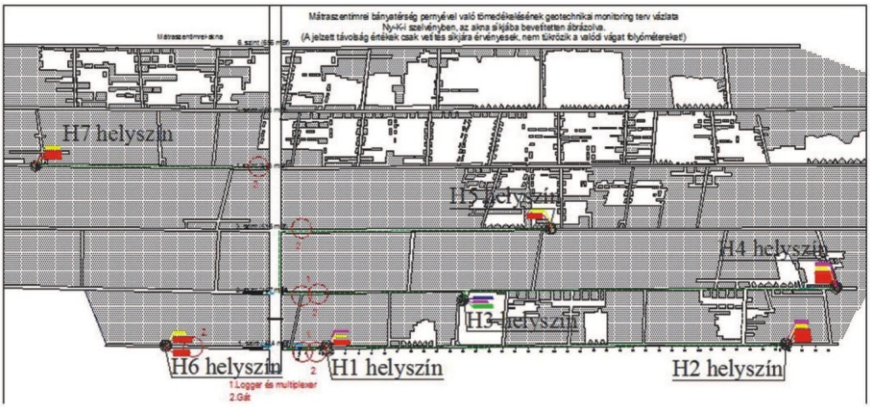
During the final closure of the Mátraszentimre mining area of the Gyöngyösoroszi I. ore mine, the abandoned network of mine cavities was backfilled with a suspension made of power plant fly ash, lime and mine water. To monitor construction effects and long-term changes in state, geotechnical monitoring stations were installed at several mine levels to record pore water pressure, vertical and horizontal total pressure, and temperature. Based on time series spanning more than a decade, the initial, nearly hydrostatic state of the fresh suspension was replaced by consolidation, bond formation and direction-dependent load transfer. In several locations, the solidified backfill behaved as a wedging, vaulting structure working together with the surrounding rock, so that loads from the upper levels were only transferred to a limited extent toward the lower sections. At the same time, the pressure and temperature data revealed persistent hydraulic connections — maintained through the Excavation Damaged Zone (EDZ), the intensely fractured rock mass formed around mine cavities of mining activity — as well as infiltration and process-water pulses and changes over time in the drainage pathways. The main lesson of the monitoring is that the joint evaluation of total pressure, pore

water pressure and temperature is suitable for distinguishing mechanical and hydraulic processes from one another and for verifying the long-term behaviour of the backfill.

1. Bevezetés

A Gyöngyösoroszi I. ércbánya mátraszentimrei bányatérsége a végleges bányabezárás egyik kritikus területe. A magas pirittartalmú ércesedéshez kapcsolódó savas bányavíz-képződés, a kiterjedt fejtési üregrendszer, valamint a hosszú távon fennmaradó omlási és vízmozgási kockázatok miatt a lezárás egyik alapvető eleme az üregrendszer tömedékelése és a kontrollált vízelvezetés biztosítása volt. A Nitrokémia Zrt. 2012-2024 között végezte a tömedékelést több ütemben, erőművi pernye, mész és bányavíz felhasználásával készített zaggyal.

A geotechnikai monitoring célja nem csupán a kivitelezés közbeni maximális nyomások ellenőrzése volt. A rendszernek információt kellett szolgáltatnia a tömedék víztelenedéséről, megszilárdulásáról, a kőzet-tömedék kontaktus kialakulásáról, a gátakra ható terhelésekről, valamint arról, hogy a felsőbb szintek feltöltése milyen mértékben terheli az alsóbb bányatérségeket.



1. ábra. A geotechnikai mérőállomások térbeli elhelyezkedése a mátraszentimrei bányatérségben.

2. Monitoringrendszer és mérési elv

A mérőállomásokat több szinten és eltérő geotechnikai helyzetekben telepítették: zárógát mögött, csapásvágatok végében, közvetlenül fejtési üregben kialakított borehole cellaként, illetve olyan pontokon, ahol a felsőbb szintek tömedékelésének hatása várható volt. A teljes nyomást függőleges és vízszintes irányban, egyes állomásokon két ortogonális vízszintes irányban is mérték; ezt pórusvíznyomás- és hőmérsékletmérés egészítette ki. A kombinált mérés tette lehetővé annak eldöntését, hogy egy adott változás hidraulikai nyomásnövekedésből vagy a tömedék szilárd vázában kialakuló feszültségváltozásból származott.

A mérési elv a teljes nyomás és a pórusvíznyomás szétválasztásán alapul:

$$\sigma t = \sigma h + u$$

ahol σt a teljes nyomás, σh a tömedék szilárd vázára jutó tényleges nyomás, u pedig a pórusvíznyomás.

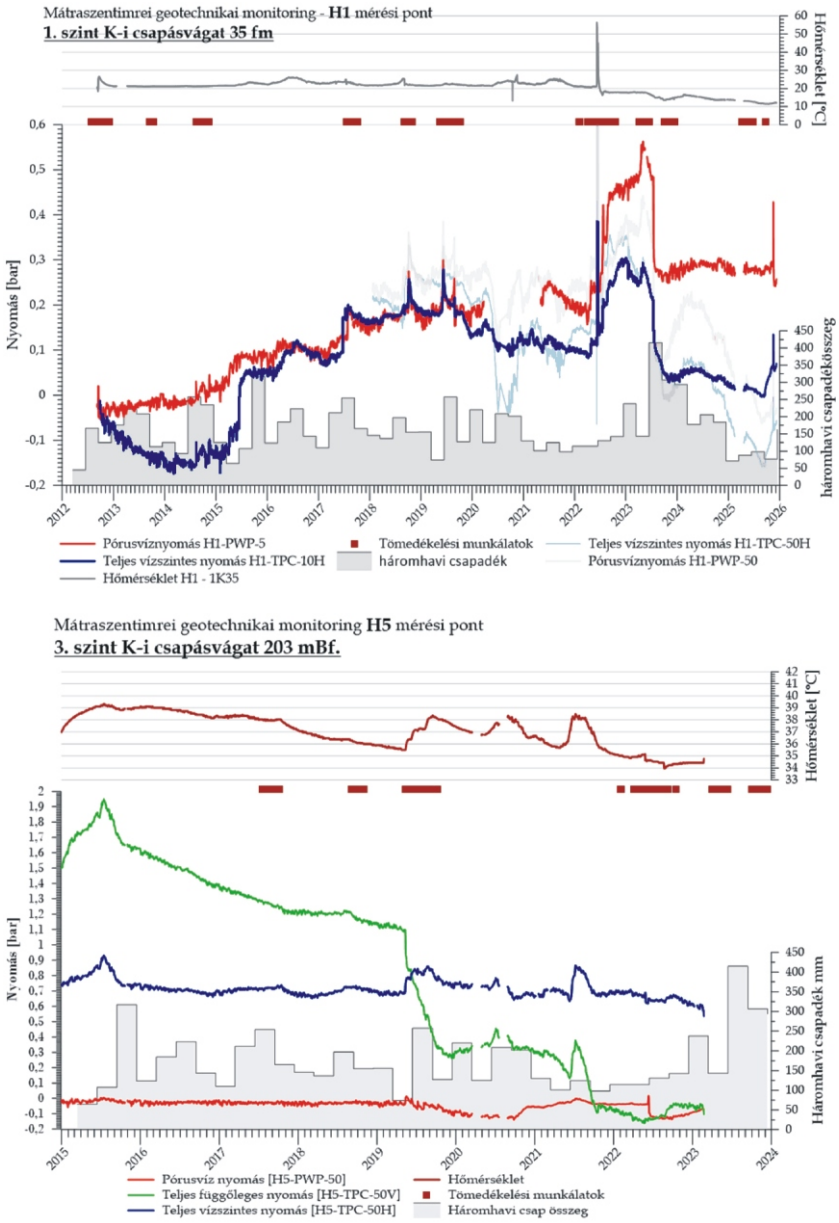
A friss zagy kezdetben közel hidrosztatikus állapotú, ezért a teljes nyomás jelentős részét a pórusvíznyomás adja. A víz elszivárgásával és a kötési-konszolidációs folyamatok előrehaladásával a pórusnyomás csökken, a szilárd váz teherviselése nő, és a feszültségállapot irányfüggővé válik.

A műszerek 5, 10 és 50 bar felső mérési tartományra készültek, miközben a ténylegesen regisztrált nyomások - néhány átmeneti eseménytől eltekintve - 1 bar alatt maradtak. Emiatt az abszolút értékek értékelésében a kisebb mérési tartományú szenzorok bizonyultak mértékadónak. A nagyobb tartományú műszerek ugyanakkor sok esetben megerősítették a változások időpontját és irányát. A 2020. évi adatgyűjtő- és kábelezési átalakítás után az 1. szinti nagy tartományú szenzorokon átmeneti műszeres anomáliák is jelentkeztek, ezért a hosszú idősorok értékelésénél a műszaki beavatkozások dokumentálása alapvető fontosságú volt.

3. A tömedék mechanikai fejlődése

A mérési eredmények egyik legfontosabb általános tapasztalata, hogy a megszilárduló tömedék nem egyszerű, lefelé terhelő tömedékoszlopként viselkedett. A bore-hole cella adatsora közvetlenül végigkövette a tömedék életciklusát: a feltöltést és kezdeti nyomásfelépülést konszolidáció, megszilárdulás, majd stabil és hosszú távon relaxálódó állapot követte. A későbbi, felsőbb szinteken végzett tömedékelések már nem okoztak számottevő tartós nyomásnövekedést ezen a mérési ponton. Ez boltozódásra, oldalfali teherátadásra és részben önmegtartó szerkezeti viselkedésre utal.

A H5 állomás még markánsabban mutatta a feszültségátrendeződést. A kezdeti feltöltés során a függőleges teljes nyomás közel 1,9 bar-ra, a vízszintes nyomás 0,8-0,9 bar-ra emelkedett. A következő években a függőleges komponens lassan csökkent, miközben a vízszintes nyomás lényegében stabil maradt. A közvetlenül a mérőhely feletti üregek 2019. évi tömedékelésekor a függőleges nyomás közel 1 bar-ral esett, miközben a vízszintes nyomás fennmaradt vagy átmenetileg nőtt. A terhelés tehát nem eltűnt, hanem új teherhordó kapcsolatok kialakulásával a vágatfalak és a környező tömedéktest felé rendeződött át. A megfigyelés jó bizonyíték a kőzet és a megszilárdult tömedék mechanikai együtt dolgozására.



2. ábra. A tömedék mechanikai fejlődésének két reprezentatív példája: a) H3 bore-hole cella - feltöltés, konszolidáció és hosszú távú relaxáció; b) H5 - a függőleges és vízszintes nyomás szétválása és a 2019. évi feszültség-átrendeződés.

4. Hidraulikai folyamatok és az EDZ szerepe

Az alsóbb szinteken mért nyomásváltozások jelentős része nem közvetlen mechanikai ráterhelésből, hanem vízmozgásokból származott. A pórusvíznyomás és a teljes nyomás együttmozgása több állomáson egyértelműen jelezte a hidraulikai eredetet. A H1 zárógát mögötti állomásán a tartós vízszintes nyomás mindvégig alacsony maradt; a hosszú távú változásokat inkább a vízvisszaduzzasztás, a beszivárgás és a repedéses közegen keresztül érkező vízimpulzusok szabályozták.

A H2 érzékeny hidraulikai kontrollpontként működött. A 2018. évi magasabb nyomásszint arra utalt, hogy a korábban jól működő leürülési utak vezetőképessége csökkent vagy az utánpótlás és a leürülés egy magasabb hidraulikai potenciál mellett került egyensúlyba. A következő évben nagyobb nyomásfelépülést hirtelen leürülés követett, ami új vagy újraaktiválódó szivárgási út megnyílásával értelmezhető. A H4-nél a felsőbb tömedékelésből származó vízimpulzus 13-18 napos késéssel jelentkezett, ami a repedéses közegen keresztüli, nem közvetlen áramlási kapcsolatot igazolta. A H6 különösen érzékeny volt a csapadékbeszivárgásra; itt a csapadékosabb időszakokat késleltetett nyomásemelkedések követték.

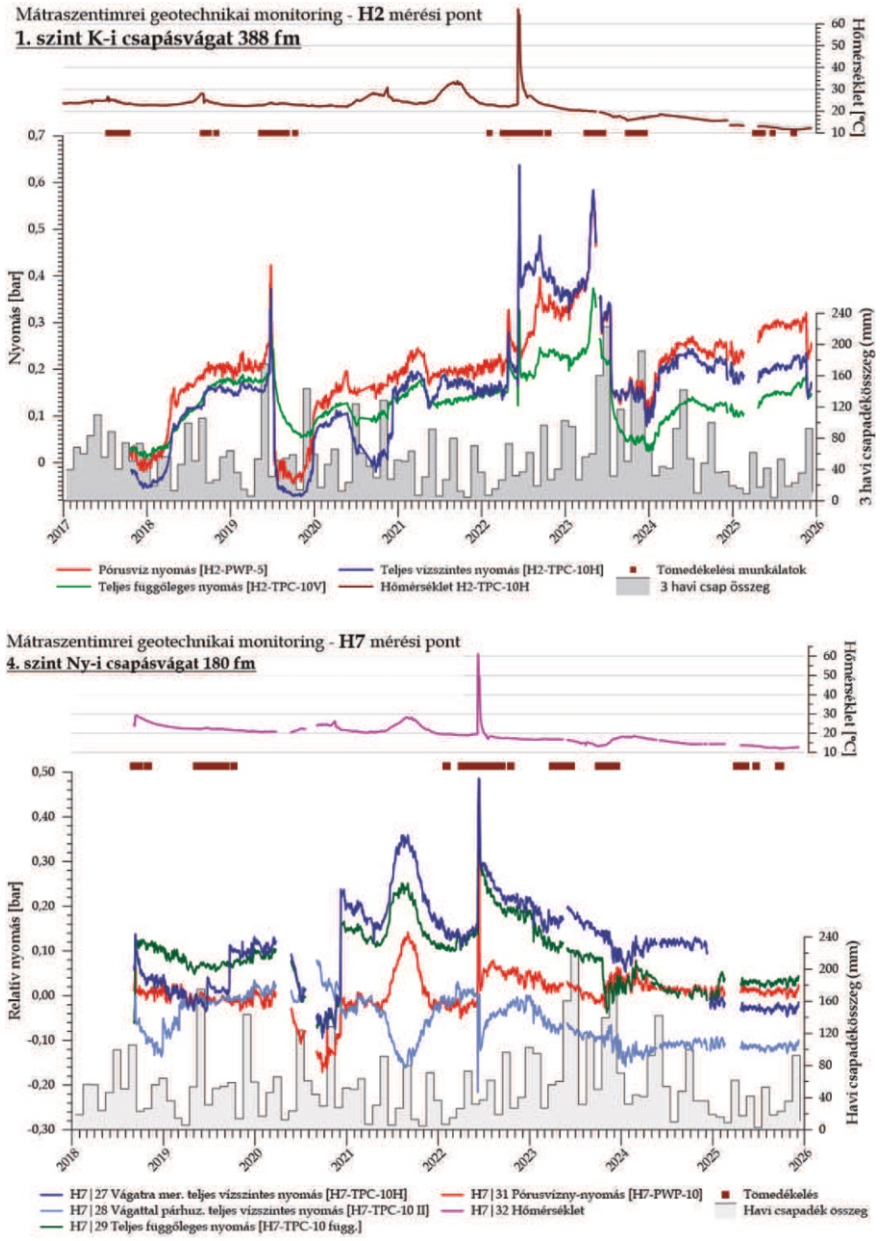
A különböző állomások eltérő 2023. évi viselkedése azt is megmutatta, hogy az EDZ hidraulikai rendszere térben nem egységes. Miközben H1 és H2 környezetében hirtelen leürülés és alacsonyabb új egyensúly alakult ki, H6-nál további nyomásfelépülés következett. Az egyes vágatszakaszok tehát eltérő utánpótlási és leürülési útvonalakhoz kapcsolódtak.

5. Hőmérsékleti jelenségek és hidromechanikai válasz

A hőmérsékletmérés önálló információt adott a vízmozgások forrásáról és jellegéről. Több mérőponton 2020-2021-ben néhány °C-os hőmérséklet-emelkedés jelentkezett jelentős nyomásváltozás nélkül. Ez arra utal, hogy melegebb víz haladt át a mérési pontok környezetén, de nem torlódott fel. A felsőbb, piritoxidációval érintett térségek hőtöbbletét az EDZ-ben leszivárgó víz közvetíthette az alsóbb szintek felé.

2022-ben H1, H2 és H6 állomásokon a tömedékeléshez kapcsolódó nyomásimpulzusokkal együtt rendkívül magas, mintegy 58-65 °C-os rövid hőmérsékleti csúcsok jelentek meg. A jelenség legvalószínűbb magyarázata, hogy az 5-6. szintközi, piritoxidáció során felmelegedett fejtési üregekből a tömedékanyag meleg öregségi vizet szorított ki. A konszolidációs víz is felmelegedhetett a mész exoterm reakciói miatt, de a mért csúcshőmérsékletek a piritoxidációval érintett víz jelentős szerepét valószínűsítik.

A H7 állomás további fontos hidromechanikai jelenséget rögzített. Egy vízbetörési periódusban a különböző irányú teljesnyomás-komponensek nem azonos előjellel változtak. Ez nem egyszerű hidrosztatikus nyomásválaszra, hanem a már megszilárdult és geometriailag kényszerített tömedéktest feszültség-átrendeződésére utal. A későbbi, rövid idejű nyomás- és hőmérsékleti impulzus ezzel szemben jól elkülöníthető tranziens hidraulikai eseményként jelent meg. A többparaméteres mérés tehát lehetővé tette a közvetlen technológiai terhelés és a vízmozgások által kiváltott hidromechanikai válasz elkülönítését.



3. ábra. Hidraulikai és hidromechanikai válaszok példái: a) H2 - az EDZ áramlási rendszerének feltöltődési és leürülési eseményei; b) H7 - a vízmozgás által kiváltott irányfüggő feszültség-átrendeződés.

6. Következtetések

A több mint tízéves geotechnikai monitoring alapján a mátraszentimrei tömedékrendszer mechanikailag stabilizálódott. A friss zagy kezdeti, folyadéknyomás-dominált állapotát konszolidáció, kötés, kiékelődés és boltozódás követte. A megszilárdult tömedék a környező kőzettel együtt dolgozó, részben önmegtartó szerkezetként viselkedett, ezért a felsőbb szintek tömedéktömegének terhelése nem adódott át egyszerűen és közvetlenül az alsóbb szintekre.

A hidraulikai kapcsolatok ugyanakkor a tömedékelés után is részben fennmaradtak. Az EDZ repedéshálózatán keresztül természetes beszivárgási víz, technológiai és konszolidációs víz, valamint a piritoxidációval érintett felső térségekből származó meleg víz is eljutott az alsóbb mérőhelyekre. Az idősorokból felismerhetők voltak az áramlási utak részleges eltömődései, újranyílásai és a leürülési kapacitás időbeli változásai.

A monitoring módszertani tanulsága, hogy a teljes nyomás önmagában nem elegendő a folyamatok értelmezéséhez. A pórusvíznyomás, a többirányú teljesnyomás és a hőmérséklet együttes vizsgálata teszi lehetővé a közvetlen mechanikai terhelés, a szilárd váz feszültség-átrendeződése és a hidraulikai perturbációk elkülönítését. Hosszú távú bányabezárási projektekben a mérési tartományt a várható üzemi értékekhez célszerű szorosabban illeszteni, és az adatgyűjtő rendszer minden műszaki beavatkozását részletesen dokumentálni kell.

Összességében a mérőrendszer nem csupán a tömedékelés kivitelezését ellenőrizte, hanem a munkák szüneteiben és befejezésük után is információt adott a bányatérség hidromechanikai működéséről. Ez a hosszú távú megfigyelés tette lehetővé annak igazolását, hogy a mechanikailag stabilizálódó tömedékrendszer és a részben fennmaradó, térben heterogén hidraulikai kapcsolatrendszer egymással párhuzamosan alakítja a lezárt bánya állapotát.

Irodalom

Geovil Kft. (2017): Mátraszentimrei telér tömedékelése - Geotechnikai monitoring értékelő jelentés. Szentendre, 2017 február. p. 31

Geovil Kft. (2018): Mátraszentimrei telér tömedékelése - Geotechnikai monitoring értékelő jelentés. Szentendre, 2018 február. p. 29

Geovil Kft. (2019): Mátraszentimrei telér tömedékelése - Geotechnikai monitoring értékelő jelentés 2018. év. Szentendre, 2019 május. p. 24

Geoplan Kft (2021): Mátraszentimre, telér tömedékelés - Geotechnikai monitoring mérési eredmények értékelése - Geotechnikai szakértői jelentés. Budapest, 2021. július, p.27

Nitrokémia Zrt. (2024). A Gyöngyösoroszi Ércbányászat teljes körű felhagyásának környezetvédelmi felülvizsgálata. Balatonfűzfő, 2024 november, p. 267

AZ ÁLLATOK SZEREPE A BÁNYÁSZAT TÖRTÉNETÉBEN

Hidegkuti Konstantin földmérő üzemmérnök, ipari tervező szervező közgazdász, e-közigazgatás szakközgazdász

ABSTRACT

Az emberi fejlődése során az élet fenntartásához szükséges gyűjtögetés és a vadászat után a legősibb tevékenység a bányászat volt. Az állatok a kezdeti időszakban passzív szereplőként majd aktív közreműködőként lettek bevonva ebbe a tevékenységbe. Erről a folyamatról kívánok egy rövid áttekintést adni.

I.

A bányászat kialakulása fejlődése során az ember minden, a környezetében fellelhető eszközt igyekezett felhasználni a céljai elérése érdekében. Így adódott, hogy az ott élő állatokat is bevonta ebbe a tevékenységbe. A kutatásaim során három tendenciát figyeltem meg. Az első esetben a nehéz fizikai munka csökkentése érdekében igyekeztek hasznosítani az állatok erejét. Gondolok itt a lovakra, szamarakra, öszvérekre, ökrökre, tevékre, lámákra, elefántokra, kecskékre, kutyákra. Második esetben a mélyműveléssel megszerezhető ásványok kitermelése során a jelentkező veszélyek előre jelzésére igyekeztek felhasználni bizonyos állatok biológiai tulajdonságait, amit részben a tevékenység során is megfigyeltek. Itt gondolok a galambokra, kanárikra, pintyekre, menyétekre, egerekre, patkányokra. A harmadik lehetőség, amikor az állatok önmaguktól végeznek bányászati tevékenységet az életük fenntartásához szükséges anyagok megszerzése érdekében. A kenyai Mount Elgon nemzeti parkban (pl. a Kitum barlangban) élő elefántok évezredek óta folytatnak természetes bányászatot. Éjszakánként a sötétben, mennek be a barlangokba, ahol agyaraikkal fejtik le a sóban és ásványokban (kalcium, magnézium) gazdag kőzeteket, hogy kiegészítsék a növényi étrendjüket. Ezzel a tevékenységgel az állatok folyamatosan növelik a barlangok méretét. Ezek a barlangok meglehetősen nagyok, akár 150 méter hosszúak, 60 méter szélesek és 10 méter magasak is lehetnek.



elefántok a Kitum barlangban [1]

Az őskorban direkt módon nem található adat az élő állatok bányászati tevékenységben való alkalmazására. Itt csak az elhullott állatok csontjait hasznosították, mint munkaeszközt. A dél-afrikai Eswatini (volt Szváziföld) területén található kőkorszaki okkerbányászati és - feldolgozási hálózatot tártak fel ez a Lion Cavern-ben (a világ legrégebbi ismert okkerbányájára). A

radiokarbonos kormeghatározások alapján az emberiség itt kezdett először a föld alatt bányászni. A tevékenység kora ~48 000 évvel ezelőttre tehető [2]. A leletanyagban állati csontokból, valamint szarvasmarha-félék lapockájából készült lapátok és vésők is előkerültek, melyeket a bányászat során mozgatásra és földkiemelésre alkalmaztak [3].

Magyarországon a lovasi festékbányában találtak hasonló leleteket. 1951-ben Lovas határában dolomitfejtés közben a szénizotópos kormeghatározás szerint több mint 11740 éves csontleletek kerültek elő. A leletek alapanyagát a gímszarvas agancsa, lapockája és alsó lábszárcsontja, kisméretű disznó lapockája, daru lábszárcsontja, kőszáli kecske bordája adta. Kisebb átalakítással, pattintással, fúrással, faragással, csiszolással kézhez igazíthatták a bányászásra szánt csontokat.



Kanalas vésők Lovasról [4]

Földrészenként tárgyalva a témát.

AFRIKA

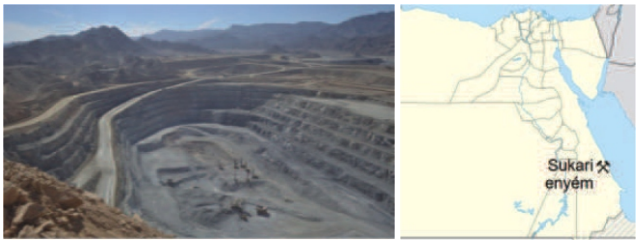
Algéria

A nehezen megközelíthető algériai (például Szahara menti vagy Atlasz-hegységbeli) bányavidékeken és kőfejtőkben a bányászok hagyományosan öszvéreket**,** szamarakat **és** egyes esetekben tevéket alkalmaztak a kitermelt ércek, só, valamint a felszerelések szállítására. A térségben a nyersanyagok (például vasérc, foszfát, kőolaj) kitermelése nagyüzemi szinten inkább külszíni fejtéssel vagy mélyebben fekvő, de közvetlen földfelszíni aknákkal történik, így a szűk, gázveszélyes tárnákban alkalmazott bányalovak intézményes kultúrája nem alakult ki helyben A gyarmati időkben a szénbányákban a öszvéreket és kistestű lovakat alkalmaztak a mélyben.[5]

Egyiptom

Egyiptomban, az ó- és középbirodalomban a Keleti sivatagban lévő Sukari hegységben (arabul *Dzsebel esz-Szukari* vagy *Jabal al-Sukkari)* ma is működő aranybányából és Núbiából a sivatagon keresztül a szamarakkal majd a ptolemejoszi időszaktól tevékkel szállították az aranyat mivel csak ezek a szívós állatok tudták ellátni ezt a feladatot. Főleg a sivatagi szállításhoz használtak szamarakat. A római és bizánci időszakra vonatkozóan nem találtam adatokat. Mivel

a rómaiak már Hispániában is magas szinten alkalmazták az állatokat a bizánciak, mint a római hagyományok folytatói is hasonló megoldásokat alkalmaztak az egyiptomi bányászati tevékenységeik során. [6]



Jabal al-Sukkari [7]

Etiópia (régen Abesszínia)

Abesszínia (a mai Etiópia) területén az évezredes sóbányászatában (különösen a Danakil-mélyföldön) és a hagyományos aranybányászatban a nehéz fizikai munkát és a szállítást a mai napig állatok végzik. A legfontosabb alkalmazott igás- és teherhordó állatok az egypupu teve dromedár (egypúpú teve), a szamár, az öszvér, a szarvasmarha (ökör). **A** dromedár a sivatagi körülményekhez tökéletesen alkalmazkodott állat, amely akár 150-200 kg sótéglát is képes elcipelni többnapos karavánutakon.



sószállítás a Danikil-mélyföldön [8]

Elsősorban a mélyföldi sivatagos szakaszokon használják őket. A szamarak a hegyvidéki és lábvidéki karavánutak nélkülözhetetlen szereplői. Kisebb teherbírásúak, de rendkívül szívósak, és a meredekebb, sziklásabb hegyi ösvényeken hatékonyabban közlekednek, mint a tevék. Az öszvéreket a hegyvidéki területeken, meredek ösvényeken a teherhordásban és az aranymosó helyszínek közötti szállításban is alkalmazzák a nagyobb teherbírásuk és lépésbiztonságuk miatt. A szarvasmarhákat (ökröket) a hagyományos aranybányászatban – például az észak-etiópiai Tigré régióban – az aranymosáshoz és a talajvíz elvezetéshez szükséges földtömegek mozgatására és kotrására alkalmazzák, esetenként más igásállatokat is befognak. A hagyományos tevés és szamaras módszerrel évente nagyjából 10 000- 20 000 tonna sót szállítanak el kb. 70 000 állat bevonásával a magasföldi elosztókhoz.[9]

Kongó (voltBelga Kongó, ma Kongói Demokratikus Köztársaság)

A belga gyarmati uralom alatti Kongóban (volt Belga Kongó) a bányákban embertelen körülmények jellemezték a munkát. Az ipari és szállítási feladatokhoz a gyarmati hatóságok igyekeztek különféle állatokat bevonni, ám a kísérletek – a trópusi betegségek és az eltérő környezet miatt – gyakran kudarccal végződtek. A legfontosabb állatok a lovak és öszvérek voltak. Elsősorban teherhordásra és szállításra próbálták őket használni, azonban a helyi cecelégy által terjesztett álomkór (nagana) miatt hatalmas veszteségeket szenvedtek, így alkalmazásuk korlátozott volt. A gyarmati idők elején, különösen II. Lipót belga király idején, kísérleteket folytattak afrikai elefántok domesztikálására. Az elefántiskolák célja az volt, hogy a helyi nehéz terepen, mocsarakban és erdőkben azok végezzék el a bányászathoz szükséges logisztikai munkát. Az afrikai elefántok betanítása sikeres volt és az 1940-es évek végéig alkalmazták azokat. [10]

Dél-Afrika

A dél-afrikai bányászat történetében, főleg a XIX. és XX. században, több állatfajt is alkalmaztak. A mélyművelésű arany- és szénbányákban leggyakrabban öszvéreket és lovakat használtak a földalatti szállításhoz. Legfőbb feladata a csillék húzása volt, amelyekkel a kitermelt ércet, szenet és a kitermeléshez szükséges eszközöket szállították [11]. A gyémántbányászatban a szállításnál és a bányákhoz szükséges gépek mozgatásánál ökrökből álló karavánokat alkalmaztak.

Zimbabwe

A rodéziai (ma Zimbabwe és Zambia) bányákban a legfontosabb igavonó állatok az ökrök és **a** szamarak voltak, amelyeket a felszíni szállításra és a nehéz rakományok mozgatására alkalmazták. A mélyművelésű bányákban (szemben az európai szénbányákkal) a gépesítés elterjedése előtt nem használtak pónilovakat a szűk alagutakban. A brit gyarmati időszakban, különösen a XX. század elején, ökröket és szamarakat alkalmaztak a bányászati területek feltárásakor és a kinyert érc (pl. arany, réz) szállításakor. Óriási szerepük volt az utánpótlás és a gépek eljuttatásában a legfőbb lelőhelyekre. A gond az volt, hogy Zimbabwe bányászati régióinak jelentős része az úgynevezett cecelegyek sávjába esett. A bányászat történetének egy másik fontos állata, a Rhodesian ridgeback (afrikai oroszlánkutya). Bár közvetlenül nem a bányák alagútjaiban dolgozott, ezen állatok rendkívüli kitartásukkal és bátorságukkal a veszélyes vadállatok elleni védelemben és a táborok őrzésében segítették a korai bányászokat.[12]

ÁZSIA

India

Az indiai bányászat történetében az állatok alkalmazása nem öltött olyan ipari méreteket, mint az európai szénbányákban (például a brit "bányalovak" esetében). Míg a mélyművelésű szénbányászatban a szűk terek miatt a kézi munka, illetve a gőzgépek domináltak, addig a felszíni és egyéb nehéz munkák során az indiai őshonos állatfajok vettek részt a kitermelésben. A bányákból, a nyersanyagot (például szén vagy érc) a legkorábbi időktől kezdve ökrös szekerekkel szállították az elosztóhelyekre. A felszíni fejtéseken és a külszíni bányákban ökröket fogtak a bányászati csillék mozgatására, még a gőz- és dízelmozdonyok elterjedése előtti időszakban. Indiában az elefántok évezredeken át a legfőbb nehéz-munkások voltak. A fa- és kőbányászatban, valamint a nyersanyagok (pl. ércek, márvány) elszállításában hatalmas szerepet játszottak. A bányák működéséhez szükséges faanyag (fűtőanyag és ácsolat) kitermelését és szállítását a dzsungelekben szintén elefántokkal végeztették. A hegyvidéki bányákban (például az arany- és mészkőbányákban) a meredek, nehezen járható ösvényeken szamarak és öszvérek hordták a kitermelt ásványokat zsákokban. [13]

Japán

A japán Sado szigeti aranybányákban (Sado Kinzan) a legfőbb munkaerőt a szén- és ércbányászattal ellentétben nem állatok, hanem emberek a bányászok és foglyok jelentették az Edo-korban (1603-1868) [14]. A szállítási és felszíni munkákhoz azonban igavonó állatokat alkalmaztak. A lovak elsősorban a felszíni logisztikában, a kitermelt érc és a bányászathoz szükséges faanyagok szállításában segédkeztek. A sziget meredek, hegyvidéki terepén teherhordásra és szekerek húzására alkalmazták őket. A szarvasmarhák a nehezebb terhek, például a nagyobb kőtömbök és ércszállítmányok mozgatásában játszottak kulcsszerepet**.** A szén- és ércbányászat, valamint az ipari forradalom idején (Hashima szénbánya) a legfontosabb szerepet a lovak, pónik játszották. A Meidzsi-kor (Meidzsi dzsidai) (1868–1912) korban a századfordulóhoz közeledve a modernizálódó bányavállalatok – mint a Mitsui a híres Miike szénbányában – elkezdték a nők munkáját szívós japán pónikkal és lovakkal helyettesíteni. A kisebb testű pónikat a szűkebb, alacsonyabb járatokban használták, míg a robusztusabb lovakat a főbb szállítófolyosókon alkalmazták a nehéz széncsillék felszínre juttatásához. [15]

Kína

A középkori Kínában – különösen a Szung-dinasztia idején (960–1279) végbement gazdasági forradalom során – az állatok döntő szerepet játszottak a bányászatban. Nélkülük a hatalmas mennyiségű szén-, vas- és rézérc kitermelése, valamint a mélyaknás szállítás elképzelhetetlen lett volna. Az öszvéreket, lovakat és szarvasmarhákat vízibivalyokat, kétpúpú tevéket a felszíni logisztikában és a szállításban alkalmazták. Azok húzták a nehéz szekereket, amelyekkel az ércet a kohókhoz vagy a piacokra szállították. A szűk**,** alacsony bányajáratokban (főleg a szénbányákban) kistestű lovakat és pónikat használtak a csillék mozgatására. Kutyák elsősorban őrző-védő feladatokat láttak el a bányatelepeken és a távoli karavánutakon, valamint segítettek a szállítmányok védelmében. Az ókori és középkori Kínában, például a Selyemút mentén található jáde- és ércbányászatban a kutatások szerint komplex, több fajból álló állatcsoportokat (karavánokat) alkalmaztak az alapvető nyersanyagok szállítására. A szarvasmarhák, lovak és tevék összehangolt használata tette lehetővé a távoli, nehezen megközelíthető bányák üzemeltetését. A Ming dinasztia idején (1368–1644) az aknákból a kitermelt szenet és ércet kosarakban, kézi erővel (hordárokkal) vagy csigasorok (csigás emelők) segítségével hozták a felszínre. A nagyobb csörlőket és emelőszerkezeteket gyakran igásállatok (ökör, bivaly) hajtották körbejárással, hasonlóan a mezőgazdasági vagy sóbányászati megoldásokhoz. A XVIII.–XIX. századi kínai bányászatban – a nyugati ipari forradalommal ellentétben – az állatok szerepe szinte kizárólag a felszíni szállításra, a vízkiemelésre korlátozódott. A földalatti mélyművelés szűkös, sötét tárnáiban a nehéz fizikai munkát – a szén és érc csilléken való tologatását – szinte teljes egészében emberi munkaerővel (nincstelenekkel és gyermekekkel) végeztették. Lovakat, öszvéreket és szamarakat leginkább a kitermelt szén és érc bányákból a feldolgozóhelyekre vagy a folyami kikötőkbe történő szállítására használtak. A mélyebb bányák esetében a víz folyamatos szivattyúzása vagy a felvonók működtetése elengedhetetlen volt. A kínaiak gyakran alkalmaztak állati erővel (leggyakrabban ökrökkel vagy lovakkal) hajtott rudakat, taposómalmokat és csigarendszereket a bányák víztelenítésére. [16]

Tibet (1950 után Kína része)

A tibeti bányászat történetében – különösen az arany-, só- és rézbányászatban – nem alkalmaztak földalatt állatokat a nyugati értelemben. A zord időjárás és a vallási hagyományok miatt a tevékenység jórészt felszíni volt, az állatok feladata pedig a kitermelt nyersanyag szállítása és a bányászok ellátása volt. Jak (vagy házi jak) a tibeti fennsík „teherhajója”. A nomádok és kereskedők jakkaravánokkal szállították a sót és az ércet a veszélyes hegyi utakon. A keskenyebb, meredekebb hegyi ösvényeken gyakran öszvéreket használtak teherhordásra a

nehezen megközelíthető bányavidékek és a kereskedelmi útvonalak között. Kevesen tudják, de a tibeti só szállításban a juhokat, kecskéket tömegesen használták teherhordásra. Amikor a jakkaravánok elérték a meredekebb, szűkebb hegyi hágókat, a sót kisebb, 10-12 kg-os bőrzsákokba (úgynevezett *lukal*-okba) csomagolták át, és több száz fős birka- és kecskecsordák hátára málházták rá. Tibeti pónit és lovat nehezebb terhek húzására, valamint a bányászok és kereskedők szállítására használták. [17,18]

Közel kelet (Szaúd-Arábia, Kuwait, Egyesült Arab Emírségek Irak)

A közel-keleti olajbányászat kezdetén, a 20. század első felében az állatok – különösen a dromedárok (egypúpú tevék) – elengedhetetlenek voltak a túléléshez és a logisztikához. Mielőtt a modern infrastruktúra és géppark kiépült volna, a teherhordó állatok biztosították az összeköttetést a kietlen sivatagi lelőhelyek és a civilizáció között. A teherhordó karavánok szállították az ivóvizet, élelmiszert, szerszámokat és fúrószerszámokat a távoli, feltáratlan területekre. Tevéket a nehezen megközelíthető, dűnés területeken a mai napig használják felderítésre.[19]

EURÓPA

Ausztria

Az ausztriai középkori bányászat alapja a só, a vas, az arany és az ezüst volt. A nehéz alpesi munkához és szállításhoz elengedhetetlen állatokat – például lovakat és ökröket – szigorúan védték, A só mellett meghatározó volt az ezüst-, réz- és aranybányászat, főleg Stájerországban és Karintiában. A mélyben folyó munkákhoz és a felszíni szállításhoz igásállatokat (lovakat, ökröket és öszvéreket) alkalmaztak [20]. A középkori és kora újkori tiroli, salzburgi és stájerországi területeken – az állatok döntő szerepet játszottak az érc kitermelésében, a vízelvezetésben és a szállításban. A lovak a legértékesebb igásállatok voltak. Főleg a felszínen, a bányákhoz vezető meredek utakon, valamint a külszíni szállítmányozásban (szén, fa, érc) használták őket. Később, a kiterjedt földalatti csillehálózatok megjelenésével nagyobb tárnákban is dolgoztak szállítási és szivattyúzási feladatokban. Öszvérek és a szamara az alpesi bányászat igazi "munkásai". Rendkívüli teherbírásuk, biztos járásuk és szerény takarmányigényük miatt a szűkebb hegyi utakon és a mélyebb tárnákban is elengedhetetlenek voltak az érc és a meddő csillékkel történő mozgatásában. A kutyákat elsősorban a kora újkorban, mint kiegészítő vonóerő alkalmazták. Kisebb, kifejezetten szűk aknákban – ahol a lovak vagy szamarak már nem fértek el – kutyákat fogtak be a könnyebb csillék és szállítóeszközök húzására. Noricumban (ma Ausztria területe) az ércet sörtés disznóbőrből készült zsákokba töltötték és így vontatták le a lovak, öszvérek és szamarak számára járhatatlan magas hegyekből. Az üres zsákokat pedig erős, erre betanított kutyák vitték fel teherhordónyeregre kötve a hátukon a hegyekbe. Szarvasmarhákat (ökröket) a nehezebb terhek, például nagyméretű bányászati gépezetek (vízemelők, hatalmas ácsszerkezetek) mozgatására és felhúzására alkalmazták a felszínen. A kora újkorban elterjedtek a felszínen vagy a tágasabb kamrákban elhelyezett ún. lóhajtású gépek (Knecht, Göpel) [21]. A körbejáró lovak rudak és fogaskerekek segítségével hajtották a mélyből a vizet pumpáló szivattyúkat vagy az ércet felhúzó csörlőket. A középkor végén megjelent bányavasutak (fa- majd vascsillék) előtt az állatok vontatták a földalatti síneken a nehéz rakományokat. [22]

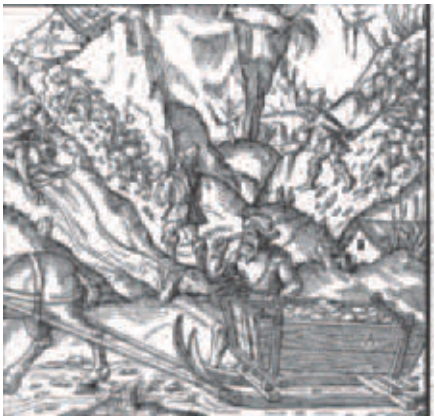
Franciaország

A franciaországi bányaiparban – különösen a középkortól a kora újkorig és a modern iparosodásig – a föld alatti nehéz fizikai munkát, a csille- és anyagmozgatást nagyrészt állatok végezték. Bányalovak és pónik (Cheval de mine) alkalmazása a 16. századtól kezdve, de főként a 19. századi ipari forradalom idején váltak általánossá. Az első francia földalatti lovat 1821-ben eresztették le a tárnákba a Loire régióban , Rive-de-Gier-ben szénbányában [23]. Az északi

bányák 1847-ben hozták le első lovaikat Anzinban, a moselleiek pedig 1865-ben. A szén- és ércbányákban, a főszállító vágatokban hatalmas tömegben dolgoztak: például az 1920-as, 1926-os csúcsidőszakban közel tízezer ló húzta a csilléket a francia aknákban [24]. A szűkebb, alacsonyabb szelvényű járatokban és a nehezebb terepviszonyokkal rendelkező ércbányákban (pl. a pireneusi vaskőbányákban) a lovaknál kisebb és szívósabb szamarakat és öszvéreket használtak a csillék vontatására. A középkorban és a kora újkorban a szén- és ércbányákban a kisebb teherszállítási feladatokat (kistestű kocsik, „hunden"-ek húzása) és az őrzési munkákat kutyák is segítették. A francia szénbányászat utolsó lova egy Bambino nevű ló volt. A hivatalos feljegyzések szerint őt 1976-ban hozták fel a föld alól, az észak-franciaországi Nord-Pas-de-Calais szénmedencében található dourges-i 10-es számú aknából [25]. A földalatti közös munkájuk emlékére a "Vörös-domb" Múzeum - Rezervátumban egy "Konogón" nevű szoborkompozíciót emeltek. A konogón (orosz eredetű kifejezés: *коногон*) egy történelmi bányászati kifejezés. Azt a bányászt jelenti, aki a szénbányákban a csilléket (kisebb szállítókocsikat) húzó lovakat – az úgynevezett bányalovakat vagy pónikat – irányította a sötét, földalatti járatokban.

Magyarország

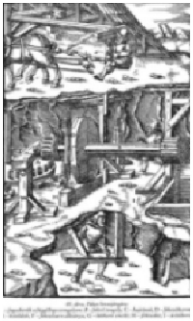
Venczel Gusztáv és Péch Antal műveiben szerepel, hogy Selmecbányán már 1518-ban lóhajtású járgányokat alkalmaztak. 1633-ban csak a Mohler altárnában a szivattyúknál ló dolgozott, volt amikor Selmecen 420 ló húzta a vizet. A széles vágatok kialakításával egyre több lovat alkalmaztak a földalatti szállításban. A szénbányászat történetében az utolsó, föld alatt dolgozó bányalovakat az 1980-as években vonták ki a forgalomból. A nevük Baba és Csinos volt [26]. A bányákban a kitermelt érc felszínre hozatalában és keletkezett jelentősebb mennyiségű víz kiemelésére használt gépek működtetéséhez lovakat, öszvéreket és szamarakat alkalmaztak. Gregorius Agricola a Bányászatról és kohászatról szóló könyvében ír erről. Ha ezen állatok nem tudtak elérni az adott tárnához, akkor alkalmaztak kutyákat.



szállítás szánkón és bőrzsákokkal [27]

Európában középkori és újkori bányászatban az igavonó állatok, mint a lovak **és** ökrök alkalmazása jelentette a legnagyobb technológiai áttörést. A termelési igények növekedésével és a bányák mélyülésével az állati erő alkalmazása elengedhetetlenné vált. A lovak és ökrök (leginkább a föld feletti szállításban) hatalmas terheket mozgattak meg. A földalatti vágatokban pónikat és kistestű lovakat is alkalmaztak a kőszén és az érces kőzet szállítására. A 16–17.

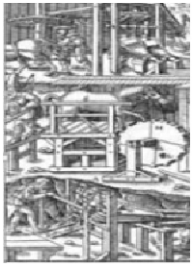
századtól kezdve a felszínen elterjedő lójárgányok biztosították a bányák víztelenítését (szivattyúzását) és a függőleges aknákból a kitermelt anyag felhúzását. Számos esetben a vízkiemelő gépek hajtására több tucat lovat állítottak csatasorba.



lójárgány[28]



lójárgány, részlet Selmecbánya 1693-ben készült 1726-ban kiadott Marsigli által készített térképén [29]



emberi erővel, taposókoronggal és lójárgánnyal hajtott fujtatók [30]

Kutyákat a bányák védelmére már a középkorban nagy becsben tartották.

Nagy-Britannia

Bányalovakat először 1750-ben használtak a bányákban Nagy-Britanniában a föld alatt, a szűk bányajáratokban a széncsillék mozgatására alkalmazták azokat. A pónikat hivatalosan egy bányabaleset után hozták be, amelyben a silkstone-i Huskar szénbánya 1838. július 4-én elárasztotta a területet, 26 gyermek halálát okozva. Angliában a női és gyermekmunka szabályozása nem egyetlen lépésben, hanem fokozatos törvényi szigorításokkal történt a 19. században. Az 1842-es bányatörvény mérföldkőnek számított, a kutyák földalatti alkalmazása pedig szorosan összefüggött az emberi munkaerő kiváltásával és a szigorodó állatvédelmi szabályozással.

A kisebb termet ű fajtákat, mint a shetlandi vagy a dartmoori pónik, a mindössze ≈ 12 markos (kb. 120 cm) magasságuk miatt kifejezetten erre a célra tenyésztették és alkalmazták.



1879-es illusztráció egy ló bányajáratból való leereszkedéséről. [31]

Az 1913-as csúcsidőszakban közel 70 000 ló dolgozott a brit szénbányákban [32]. Az utolsó pónik a 20. század végén, 1999-ben vonultak nyugdíjba. Az Egyesült Királyság utolsóként visszavonultatott, föld alatt dolgozó bányaponi Robbie (és társa, Gremlin) volt, akiket 1999 májusában hoztak fel a felszínre a dél-walesi Pontypool közelében található magánbányából [33].

Németország

A középkori német bányászat – különösen a Harz-hegységben, mint a Rammelsbergi bánya esetében – az ezüst, réz és ólom kitermelésével a gazdaság motorja volt. Az állatok kulcsszerepet játszottak a nehéz fizikai munkában, a szállításban és a bányák víztelenítésében, mind a felszínen, mind a szűk tárnákban. Lovakat a felszíni szállításhoz, a kitermelt érc malmokba juttatásához és a szén fuvarozásához használták. Öszvéreket és szamarakat a szűkebb és meredekebb hegyi utakon alkalmazták, valamint a nagyobb tárnákban ezek az állatok vontatták a csilléket és hordozták az ércet. A mélyaknás bányászat elterjedésével a lovakat speciális hevederekkel és csörlőkkel engedték le a föld alá. A víz kiemelésére hatalmas, fából készült szerkezeteket (vízemelő kerekeket) lovak hajtottak körbe-körbe a felszínen vagy a tágasabb üregekben. Öszvéreket főleg a meredek, hegyvidéki területeken (mint a Fekete-erdő vagy a szászországi bányák) alkalmazták őket teherhordásra, mivel kitűnő egyensúlyérzékkel és szívóssággal rendelkeztek. A szűk, alacsony tárókban a csille (szén- vagy ércszállító kocsi) mozgatására kutyákat is befogtak. Magát a tologatható, kisméretű csillét és a kutyát is gyakran „hund"-nak nevezték a korabeli német bányászati szaknyelvben. A bányásztelepüléseken és a felszíni őrzés-védelemben elengedhetetlenek voltak a pásztorkutyák és a házőrzők, amelyek a szállítmányokat és a bányászok értékeit védték a gyakori tolvajoktól.[34] Az utolsó hivatalos németországi bánya- vagy "csillehúzó" ló, Tobias, az 1966. június 23-án fejezte be a műszakját [35].

Olaszország

A Római Birodalom alkalmazta a legintenzívebb, szinte ipari formában az állatokat a bányászatban. A rómaiak nagyméretű tárnákat vágtak, így az öszvéreket és szamarakat közvetlenül a föld alá is le tudták vinni a kőzetek vontatására. Hatalmas, állati erővel (lovakkal, ökrökkel) hajtott malmokat üzemeltettek a felszínen, amelyek éjjel-nappal zúzták az arany- és ezüsttartalmú kőzeteket. A mélybányák kiszárítására szolgáló óriási vízkerekeket és mechanikus szivattyúkat rabszolgák mellett nehéz igásállatokkal is hajtatták. Állati erővel hajtott szerkezetek függőleges aknákból emelték ki a kibányászott ércet, vagy hajtották meg az egymáshoz kapcsolt csigás vízátemelőket. A több szinten elhelyezett vízkiemelő gépeket (amelyekből Hispániában a *Rio Tintóban* több tucatot is találtak) gyakran egymás fölé építették, és emberi erővel (taposókerékkel) vagy állatokkal hajtották meg, hogy a mélyebb tárnákból a felszínre kényszerítsék a vizet. Az ókori rómaiak a bányákban és kőbányákban főként öszvéreket, szamarakat és lovakat alkalmaztak teherhordásra és a kitermelt érc mozgatására. Az állatok a szűk alagutakban és a felszíni fejtéseken egyaránt segítették a munkát. A római bányászatban és kőfejtésben a következő állatokat és szerepköröket alkalmazták. Öszvérek és szamarak a leggyakoribb igásállatok voltak. Kiváló teherbíró képességük és igénytelenségük miatt ideálisak voltak a nehéz érccel és kővel megrakott kordék húzására, vagy közvetlenül a hátukon történő szállításra. Lovakat főleg a nagyobb és teherbíróbb kocsik vontatására, valamint a mélyebb aknákból történő anyagmozgatásra (például csigák és emelőszerkezetek meghajtására) használták. Az ökröket nehéz terhek, nagyobb kőtömbök mozgatására fogták be. Hátrányuk a lassú haladás volt, de hatalmas vonóerővel rendelkeztek. Kutyák a bányákban és azok környezetében őrző-védő feladatokat láttak el, valamint a telepek védelmét segítették. A

kitermelt ércet gyakran közvetlenül a lelőhelyeken zúzták össze: a törőmalmok és kőzúzó berendezések működtetéséhez szintén előszeretettel alkalmaztak állati és vízi energiát.

A középkori és kora újkori itáliai bányákban – például a toszkánai Rocca San Silvestro vagy a trentinói ezüstbányákban a Monte-Calissio fennsíkon a nehéz fizikai munkát főként öszvérek, szamarak és lovak végezték a felszínen [36]. A szűk hegyvidéki terepen a szamarak és öszvérek bizonyultak a legmegbízhatóbbnak. Kiváló teherbíró képességükkel és szerényebb tápanyagigényükkel a kitermelt érc (pl. réz, ezüst, cink) felszínre szállítását, valamint a szerszámok és faanyagok bányába juttatását végezték [37]. A nagyobb és mélyebb bányákban a lovakat gyakran csörlőrendszerek és szivattyúk meghajtására használták a talajvíz kiemelésére és a meddő kőzet felszínre vontatására [38]. A szűk, mély tárnákban a levegőtlenség és a veszélyek miatt a ma ismert pónikat még nem vetették be rutinszerűen, ezt a feladatot többnyire emberi munkaerővel oldották meg.

Oroszország

Az orosz bányákban dolgozó bányalovak (oroszul: *коногонные лошади* vagy *шахтные лошади*) az ipari forradalomtól kezdve egészen a 20. század közepéig a szén- és aranybányászat legfontosabb igásállatai voltak. Bár a köztudatban leginkább a brit bányalovak ismertek, az oroszországi (különösen a donbászi, kuzbászi és az uráli) bányákban is lovak tízezrei élték le életüket a föld alatt, nehéz csilléket vontatva a sötét, szűk járatokban. A lovak rendkívül gyorsan alkalmazkodtak. Hallásuk alapján felismerték a bányászok lépteit, és pontosan megtanulták a sötét járatok útvonalait. A bányászok feljegyzései szerint a lovak pontosan tudták a terhelhetőségük határát. A csillék összekapcsolódásának fémes kattanásaiból meg tudták számolni, hány kocsit akasztottak mögéjük [39]. Ha az előírtnál (általában 6–8 csille) többet kaptak, meg sem mozdultak. Az állatok hajszálpontosan érezték a műszak végét. Amint lejárt az idő, a hám levétele után maguktól visszamenetelésbe kezdtek a földalatti istállóikba. Oroszországban a mai napig nagy tisztelet övezi a bányalovak emlékét. Kemerovo régióban (a kuznecki szénmedence szívében), a Krasznaja Gorka (Vörös Domb) Múzeum Természetvédelmi Területen állítottak fel egy bronzszobrot, amely egy bányalovat és az őt vezető hajtót (konogón) ábrázolja, mementóul annak a hihetetlen munkának, amellyel ezek az állatok hozzájárultak az iparosodáshoz. [40]

Spanyolország, Portugália (az ókorban Hispania)

Az ókori Hispánia bányászatában az állatok létfontosságú szerepet töltöttek be a hatalmas méretű római kitermelésben. Nélkülük a nehéz nyersanyagok szállítása, az érc őrlése és a mély aknák víztelenítése szinte lehetetlen lett volna az ércekben gazdag tartományokban. A legfontosabb igavonók a szamarak és az öszvérek voltak. A hispániai hegyvidéki terepen, mint például az észak-nyugati aranybányákban (pl. *Las Médulas*), ezek az igénytelen, szívós állatok szállították a kitermelt ércet a felszínre, valamint a zúzott köveket a mosóberendezésekhez. A felszíni logisztikában és a nagyobb távolságokra történő szállításban, például a carthagena-i ezüstbányákból a kikötőkbe vezető utakon ökrök vontatták a nehéz szekereket. A lovak elsősorban a felügyelők, a római hivatalnokok és a katonai őrség gyors helyváltoztatását szolgálták a kiterjedt bányászati területeken. Az úgynevezett taposómalmokban és csigasorokban, amelyeket a bányák víztelenítésére (Archimédész-csavarral) vagy a kemény érc porítására használtak, szintén öszvéreket és szamarakat alkalmaztak. A bányatelepek és az értékes érceket szállító karavánok védelmére őrkutyákat tartottak. [41]

Az ókort követően Spanyolország bányászatában – a szűk alagutakban és a felszínen – leggyakrabban öszvéreket, szamarakat és lovakat alkalmaztak az ércek és szén csilléken való vontatására. A spanyolországi szén- és ércbányákban (különösen az asztúriai szénmedencékben és Andalúziában) a földalatti szűk folyosókon a csillék mozgatására az állatok

nélkülözhetetlenek voltak. Az öszvérek rendkívül szívósak, jó teherbírók és kiválóan alkalmazkodtak a sötét, párás bányabeli körülményekhez. Spanyolországban évszázadokon át ők jelentették a fő "vontatóerőt" a szűk vágatokban. A szamarak kisebb méretük miatt a legalacsonyabb és legszűkebb bányajáratokban is képesek voltak közlekedni. Andalúziában, a Jaén tartománybeli Linaresben található La Tortilla ólombányászati terület egyik híres aknája, amelyet arról neveztek el, hogy az előző tulajdonos tevéket használt az érc felszínre húzásához. A Camel shaft (Camel akna) [42] a 19. században, a Thomas Sopwith által vezetett *Spanish Lead Company* működése idején lett feltárva.

AUSZTRÁLIA

Mielőtt a modern bányászatban megjelentek volna a hatalmas teherautók és a vasutak, az afganisztáni és indiai területekről behozott tevéket (angolul: *cameleers*) használták a bányákhoz szükséges utánpótlás, az ivóvíz és az építőanyagok szállítására a kietlen sivatagokban. A bányászok és a sivatagi lakosok által hátrahagyott vagy elengedett egyedekből alakult ki a világ legnagyobb vadon élő, egypúpú teveállománya. [43]

Az adott szénbányában a felszín alatti csillevontatásra még 1965-ben is használták a pónikat, mert gazdaságosabb volt mint a gépek alkalmazása. Ausztráliában az utolsó két bányaló, Wharrier és Mr Ed, 1990-ben vonult nyugdíjba a queenslandi Collinsville szénbányából. Mivel hivatalosan szakszervezeti tagok voltak a szolgálati idejükre vonatkozó jogszabályok miatt nem lehetett őket elbocsátani, ami ellen a bányászok sztrájkoltak is [44].

ÉSZAK-AMERIKA

Amerikai Egyesült Államok

Az USA XVIII–XIX. századi bányászatában (különösen a szén- és ércbányákban) a nehéz fizikai munkát főként állatokkal, leggyakrabban öszvérekkel végeztették. Ez alól Alaszka a kivétel, ahol az aranyláz idején – Klondike 1896-1899, Nona 1898, Fairbanks 1902 felszíni bányászat folyt, ahol elsődlegesen kutyákat alkalmaztak a szállításban. Az USA bányászatának történetében az állatok kulcsszerepet játszottak, mint igavonók, teherhordók. Fő alkalmazási területük a szállítás (főként öszvérek és lovak). A földalatti szén- és ércbányászatban, különösen az Appalache-hegységben (pl. Pennsylvania szénbányáiban), hatalmas mennyiségű szenet és ércet mozgattak meg a szűk vágatokban csillékbe fogva. Az öszvérek rendkívül ellenállóak és biztos lábúak voltak, így a nehéz és sötét és sáros környezetben is hatékonyan dolgoztak. Az 1920-as évektől kezdve a bányák gépesítésével és villamosításával (elektromos mozdonyok) kiszorultak. Egyes kisebb vagy gázveszélyes magánbányákban azonban még 1971-ig használták őket [45]. Az öszvérek földalatti istállóiban mindig acélajtókat szereltek fel annak megakadályozására, hogy a bányapatkányok megfertőzzék a gabonájukat.

Benjamin Trunzo a pennsylvaniai Beyerből, felidézte, hogy némelyik öszvér olyan okos volt, hogy teljesen mozdulatlanul állt, miközben befogták őket, és a lőcsre akasztották, majd egyetlen gyors mozdulattal meghúzták a hátsó patájukat, leakasztották a kocsikat, és csak álltak ott, rád vigyorogva, vagy elszaladtak. A szénbányákban eltöltött sok év után az öszvérek maguk mögött hagyhatták azt a sötétséget, amelyet életük nagy részében ismertek. Az egyik ilyen öszvér „Öreg Jack” volt, amely tizenkilenc évi földalatti munka után vonult nyugdíjba.[46]

Voltak olyan bányák ahol kísérleteztek az öszvérek helyettesítésével.



kecskék húznak egy rakomány szenet egy bányából [47]

Az Egyesült Államokban miután megjelentek a villany és sűrített levegős mozdonyok egy 1927-es becslés szerint 37000 öszvér és egyéb „aknaállat" dolgozott országszerte, szemben a 14 280. villanymozdonnyal.[48]

Az amerikai olajbányászat kezdetén, az 1850-es évek végétől a gépesítésig az állatok nélkülözhetetlenek voltak. A fúrótornyokhoz szükséges hatalmas gerendákat és kazánokat ökrökkel **és** lovak öszvérekkel vontatták be a nehezen járható területekre. A kitermelt kőolajat szintén lófogatú szekereken szállították a vasútállomásokra. [49]

DÉL-AMERIKA

A dél-amerikai bányászatban, különösen az Andok hegységben (pl. Bolíviában és Peruban) az évszázadok során leggyakrabban öszvéreket, szamarakat használtak a kitermelt érc felszínre szállítására. Az európaiak által behozott öszvérek és szamarak jelentették a bányászat igazi igáslovait a spanyol hódítások óta. Főként a gazdag ezüst- és ónbányák környékén alkalmazták őket az érc felszínre juttatására, valamint a nyersanyag szállítására a feldolgozóüzemekbe. A helyi őslakosok által évezredek óta háziasított lámákat, alpakákat a magasabban fekvő, meredek területeken használták, mivel a lámák nem bírnák ki a földalatti, mérgező gázokkal teli tárnák levegőjét, és nem is erre lettek kitenyésztve, A kitermelt nyersanyagokat (például ezüstöt és rezet) és az utánpótlást (ivóvíz, élelem, bányászati szerszámok) a lámák szállítják a nehezen megközelíthető, meredek hegyi bányákhoz és a völgyek között egy-egy állat 2030 kg terhet is el tud vinni.[50]

II
A BÁNYÁK LÉGTERÉBEN ELŐFORDULÓ VESZÉLYES GÁZOK FELISMERÉSE

Már az ókori római vagy a kínai bányákban is ismerték ezt a gondot. Ellene megfelelő szellőztető rendszerek kialakításával próbáltak védekezni. A középkori sújtólég (metángáz és szénmonoxid) elleni előrejelzés nem tudományos alapokon, hanem empirikus megfigyeléseken és a természet rendjének (pl. állatok viselkedése) követésén nyugodott. A veszélyt a színtelen, a metán amely szagtalan gáz [CH□] és a levegő robbanóképes elegye, valamint a szénmonoxid, széndioxid jelentette. Mivel a korai bányászatban a szellőztetés minimális volt, a robbanásveszélyes területekre gyakran egy speciális bányászt küldtek be. Ő volt a vezeklő, (Vorsprengler) máshol bűnbánónak (The Penitess) hívták aki egy hosszú rúdra erősített, égő fáklyával ment be a vágatba, hogy szándékosan berobbantsa a felszabaduló gázt, még mielőtt a többi bányász megérkezett volna . A középkori bányászatban a bányászok a nyílt lángú

mécseseket és gyertyákat használták gázdetektorként. A gyertya sárgás fénye megváltozott, megnyúlt vagy kékes udvar (glória) keletkezett körülötte, akkor az metán volt [51]. Ha a láng hirtelen kialudt, az az oxigén elfogyására vagy a fojtó gázok (mint a szén-dioxid) felgyülemlésére figyelmeztetett. Az állatokat, mint jelzőfajokat (sentinel species) évszázadok óta alkalmazzák a veszélyes környezetek, például a bányák monitorozására. A legfontosabbak közülük a következők: egerek, kanárik, patkányok, pintyek. A kisebb rágcsálókat, egereket, patkányokat is korai jelzőként használták, ugyanis a metánra és szén-monoxidra szintén gyorsabban reagáltak az embernél. A nyesteket vagy más kisragadozókat nem közvetlenül a gázok jelzésére használták a bányákban, jelenlétük főleg a felszíni raktárakban vagy a vájatokat védő épületekben a rágcsálók (patkányok, egerek) távoltartására szolgált.

Kanárik a biológiai gázdetektorok

Kanárik Az egyik leghíresebb példa a bányászatban. Mivel ezeknek a madaraknak a szívverése és anyagcseréje sokkal gyorsabb az emberénél, a mérgező gázokra sokkal korábban reagáltak. Ha az állat kábulttá vált vagy leesett a rúdjáról, a bányászoknak azonnal menekülniük kellett.



kanári speciális ketrecben felül oxigénpalack [52]

Bár a kanárikat leginkább az európai vagy amerikai szénbányászatból ismerhetjük, a dél-afrikai bányákban Ausztráliában, Kanadában és Új-Zélandon Kínában és másutt is használták őket gázérzékelőként.

A kanárik bányászati alkalmazásának története több verzióban található meg.

amerikai verzió

Az amerikai mentőcsapatok először egy 1912-es Briceville-i (Tennessee állam) bányarobbanást követő mentőakció során használtak kalitkába zárt kanárikat a mérgező gázok kimutatására. 1914-ben az Egyesült Államok Bányászati □□Hivatala számos kisállatot tesztelt, hogy kiderítse, melyik reagál gyorsabban és a legláthatóbban a CO2-nek való kitettségre. A sárga kanári győzött, szorosan mögötte a fehér egerek, majd a csirkék, kutyák, galambok, verebek, tengerimalacok és nyulak [53]. Egy amerikai tanár, G. C. Burrel már 1910-ben kezdte vizsgálni az állatok metán érzékenységét. Burrel először egereket vizsgált. Ha az egerek levegőjében 0,16%-ot elérte a metán az állatok nyugtalanok lettek, amikor a koncentráció elérte a 0,2 %-ot akkor már minden erejükkel menekülni próbáltak és negyed óra múlva elájultak, 0,5 %-nál pedig elpusztultak. A kísérletek bebizonyították, hogy egereknél jóval érzékenyebbek a kanári madarak. A kis szárnyasok 0,2 %-os koncentrációnál 5 percen belül elpusztultak [54].

angol verzió

A módszert John Scott Haldane javasolta 1895-ben, miután vizsgálta a bányarobbanások hatásait [55]. A szapora légzése miatt gyorsabban mutatták a mérgezés jeleit, mint az emberek. Egyes bányászok egy speciális ketrecben vitték a kanárikat , amelyet a szén-monoxid-expozíció utáni újraélesztésre terveztek. Egy fémből és üvegből készült tartályt építettek, hogy a csapdába

esett kanári egy szellőzőnyíláson keresztül külső levegőt lélegezhessen. Miután a kanári – feltehetően gázmérgezés miatt – leesett, egy bányász lezárta a ketrecet, és kinyitott egy szelepet, lehetővé téve az oxigén beáramlását a tartályba a tetejére rögzített tartályból, miközben a munkások kiürítették a területet. A madarakat hetenként cserélték, így biztosítva, hogy a földalatti tartózkodás ne tegyen kárt az egészségükben. Az Egyesült Királyságban az 1911-es *Coal Mines Act* törvénybe is iktatta a kanári madarak kötelező tartását a bányákban tűz és robbanás utáni gázvizsgálatokhoz [56]. A kanárikat az 1980-as években kezdték el lecserélni az elektronikus, digitális gázérzékelőkkel, amelyek hatékonyabbak és biztonságosabbak voltak. (A törvényt egyébként Winston Churchill kezdeményezte) Nagy-Britanniában például 1986 decemberében vonták ki őket hivatalosan a forgalomból. Nem meglepő módon az Egyesült Államok és Kanada Ausztrália és Új-Zéland és jó pár állam is követte Nagy-Britannia példáját, és alkalmazta Haldane javaslatát. Az iparág néhány szereplője pedig megpróbálta gondoskodni a kanáriról a szénbányában. Magyarországon elszórtan és nem hivatalos formában előfordult, hogy egyes bányászok vagy bányamentő csapatok saját kedvtelésből tartottak madarakat a bányatelepeken, de ezek nem képezték részét a hivatalos állami vagy vállalati védőfelszereléseknek és jelzőrendszernek

német verzió

A legismertebb kanári-tenyésztők a németországi Harz-hegység bányászai voltak, akik a kiváló énektulajdonságokkal rendelkező Harz Roller fajtát kifejezetten erre a célra képezték ki. A Harz-Roller kanári (németül Harzer Roller) története a 18-19. századi Németországba, a Harz-hegységbe nyúlik vissza, ahol a bányászok tudatos tenyésztésével alakult ki a világ egyik legismertebb énekesmadár-fajtája. A fajta kialakulása St. Andreasberg, Lautenthal és a felső-harzi régió bányászaihoz köthető, akik a 18. század közepe (kb. 1730-as évek) körül kezdték el tenyészteni ezeket a madarakat. A bányászok nemcsak kedvtelésből tartották a kanárikat, hanem a bányákban a szén-monoxid és más mérgező gázok jelenlétének jelzésére (korai riasztórendszerként) használták őket[57].

Egy szomorú történet

A sok tollas kis őr közül volt egy, amelyik legendává vált. A neve Little Joe volt. Mindössze hároméves volt. 1875. november 3-án, egy munkanap során, elhallgatott. A férfiak ezt észrevették. Tudták, hogy valami nincs rendben. És ennek a csendnek köszönhetően időben kijutottak. Megmenekültek. Joe nem. Meghatódva a bányászok saját kezükkel faragtak egy kis fakoporsót, és egy mondatot vésték bele:

> Emlékére Little Joe-nak. Elhunyt 1875. november 3-án, 3 éves korában.



Little Joe fakoporsója [58]

Ez a gesztus nem volt pusztán jelképes. De a tisztelet iránẗuk sosem múlt el. Little Joe kis szarkofágja ma is létezik. Relikviaként van kiállítva. Emlékeztetőként.

A magyar bányászati kultúra a kezdetektől fogva a műszaki és lámpás megoldásokra hagyatkozott az élő állatokkal történő gázjelzés helyett.

Egerek

A coloradói szénbányászok számára a szénbányákban lévő kanári valójában egér volt. Az egerek meglehetősen érzékenyek voltak a bánya levegőjének változásaira, az úgynevezett „nedvességre". Amikor az egerek letargikusnak tűntek a bányászok tudták, hogy baj van készülőben. A coloradói bányaegereknek volt egy tulajdonságuk is, amivel a hagyományos bányakanárik nem rendelkeztek – rendkívül jó a hallásuk. Amikor az egerek váratlanul szétszóródtak , az azt jelentette, hogy az ácsolat gerendái valahol eltörtek az aknában, vagy, hogy a főte beomlással fenyeget. Elsősorban a fehér egereket alkalmazták a mentőcsapatok. Bár a szén- monoxidra lassabban reagáltak, mint a kanárik, viselkedésük (folyamatos mozgásuk leállása, egyensúlyvesztésük) egyértelmű jelzés volt a mérgezési szint elérése előtt. Előnyük az volt, hogy könnyebben lehetett őket szállítani zártabb tárolókban.[59]

Kutyák

Egyes esetekben a mentőcsapatok kutyákat is vittek magukkal a mélybe. A kutyák nem csak a gázok fizikai hatásait (bódultság) mutattál ki hamarabb, de kiváló szaglásuk révén segítettek az omlások alatt rekedt, eszméletlen bányászok felkutatásában is. [60] Az első magyar bányamentő kutyák 1989-ben vizsgáztak. [61]

Kanada olajbányászatában (különösen az albertai olajhomok-kitermelésben) az állatokat nem fizikai munkára, hanem környezetvédelmi, felderítési és biztonsági célokra alkalmazzák**.** Speciálisan képzett kutyákat (pl. labradorokat és spánieleket) alkalmaznak a földalatti csővezetékek szivárgásainak és a víz alatti, jég alatti olajszennyeződések kiszaglálására. A kutyák orra sokszor hatékonyabb, mint a hagyományos technológia.[62]

III.
A BÁNYÁKBAN FOGLALKOZTATOTT ÁLLATOK MEGJELENÍTÉSE A ZENÉBEN ÉS MÁS MŰVÉSZETI ÁGAKBAN

A bányákban foglalkoztatott állatok szerepe, tevékenysége nem volt ismeretlen a különféle művészeti területeken tevékenykedő alkotók előtt. Néhány ad hoc példa az elmondottakra.

The Police Kanári a bányában (Canac In a Coalmine) 1980. október 3-án a Zenyatta Mondatta című stúdióalbumán jelentették meg. [63]

Exotic együttes – Bányászdal a lovakról is szól Vadnyugat című nagylemezén jelent meg először 1990-ben [64]

Ami a Cape Breton pit pónijait illeti, örökségüket Joyce Barkhouse Pit Pony című díjnyertes g örökítette meg, amely egy Sable-szigeti ló és egy 11 éves, bányában dolgozó fiú kapcsolatáról [65]. A regényből a CBC televíziós sorozatot készített az 1990-es évek végén.

Kányádi Sándor a Megszokás című költeményében (1981) a felszínre hozott, megvakult hajdani bányalovak sorsát állítja párhuzamba a megszokással és a nehéz emberi sorssal. [66]

Sebestyén Lajos (tatabányai költő) Bányalovak című verse az állat és az ember közös, embert próbáló sorsának állít emléket. [67]

Az utolsó ausztráliai bányaló Gillie and Marc által készített életnagyságú bronzszobra [68]

Jack London: A vadon szava ((The Call of the Wild) 1903 Fehér agyar (White Fang) 1906 az Alaszkában az aranyásók által is használt szánhúzó kutyáknak állított emléket. Hosszan lehetne sorolni még a példákat.

A bányászati jogszabályok változása
Dr. Káldi Zoltán

(Az előadás anyaga a kiadvány nyomdába kerüléséig nem érekezett meg)

A BÁNYÁSZATI STRATÉGIÁK ALAKULÁSA A JELENLEGI GEOPOLITIKAI HELYZETBEN

dr. Dósa János - Petrozsényi Egyetem, Gép és Villamosmérnöki Kar, Gépészeti, Ipari és Közlekedésmérnöki Tanszék

dr. Kovács József - egyetemi tanár - Petrozsényi Egyetem, Gép és Villamosmérnöki Kar, Gépészeti, Ipari és Közlekedésmérnöki Tanszék

ABSTRACT

The paper analyses current mining strategies within the current geopolitical context. It begins with a brief overview of mining throughout history, highlighting the trends in consumption and demand for raw materials in the context of industrial development. The factors influencing the development of the mining strategy were outlined. Based on this, the mining strategies of a number of major global players have been outlined. An analysis of these strategies has made it possible to identify certain common factors in mining strategies, such as: diversificarea surselor, the circular economy, urban mining, strategies for securing the supply of rare-earth metals. One of the key conclusions is that geopolitical and economic dynamics necessitate the regular review of mining strategies in light of changes in global politics, society and military.

1. BEVEZETÉS

A bányászat kezdetei a történelem homályába vesznek; gyakorlatilag a bányászat – az ember számára szükséges különböző ásványok gyűjtése formájában – az emberiség első társadalmi szerveződési formáival egyidőben jelent meg.

A bányászat es az emberiség történelme szervesen összefonóik, nem létezett olyan sikeres birodalom a történelem folyamán, amelyben a bányászat ne foglalt volna egy meghatározó helyet.

Az legrégebbi bánya, amelynek korát 42 000 évre becsülik, a szváziföldi Bomvu Ridge–Ngwenya-bánya, ahol hematitot bányásztak. Ez a hely ma az UNESCO kulturális örökségének része [1].

Egyiptom gazdag bányászati történelme az ókori fáraók idejére nyúlik vissza, és főként a Keleti-sivatagra és a Sínai-félszigetre koncentrálódik, ahol a történészek szerint az egyiptomiak már i.e. 3000-ben is rezet bányásztak. A vas kitermelésének kezdete i.e. 2800-ra tehető; az egyiptomi feljegyzések szerint a vasérc olvasztása i.e. 1300-tól kezdődött [2]. Az egyiptomi bányászat nagyon fejlett volt, régészeti és írásos források maradtak fenn az ókori egyiptomi bányászati expedíciókról, amelyek különféle fémek és drágakövek – elsősorban réz, arany, türkiz, malachit, ametiszt és kalcedon – kitermelésére irányultak [3]. A rézbányászati és -olvasztási lelőhelyek közé tartozik Wadi Dara, Buhen és Qubban. A lelőhelyek puszta felsorolása is sok időben telik,

például a türkizt Wadi Magharában és Serabit el-Khadimban, az ametisztet Wadi el-Hudiban, a kalcedont a Gebel el-Asr régió északi részén található Stele Ridge lelőhelyen, a galenát (ólom-szulfid) Gebel el-Zeitben, a natront pedig a Wadi Natrunban bányászták.

A Romai birodalom volt az ókor legnagyobb birodalma es nem véletlenül a bányászat eddig példátlan fejlődésen ment keresztül, mivel fontos része volt a terjeszkedések és hódítások gazdasági hátterének előteremtéséhez.

A birodalom főbb bányászati központjai [4]:

Hispánia, a római bányászat abszolút motorja, hatalmas mennyiségű aranyat termeltek (Las Medulas), de ezüstöt és rezet is bányásztak nagy mennyiségben (Rio Tinto).

Britannia: Részben ásványkincsei miatt hódították meg, és a birodalom elsődleges ólom-, ón- és vasforrásává vált (Mendip-hegység és Wales - Dolaucothi).

Dacia (a mai Románia): Az Erdélyi-szigethegység (Alburnus Maior), amelyet Traianus császár 106-ban csatolt a birodalomhoz, Kelet-Európa legfontosabb császári aranyforrásává vált.

Dalmácia és Felső-Moesia (Balkán): Az ezüst-, vas- és ólomtermelés szempontjából kulcsfontosságú régiók, amelyeket a képzett helyi illír bányász törzsek intenzíven műveltek.

Egyiptom és Núbia: A Keleti-sivatagból kiváló minőségű aranyat, a birodalmi emlékművekhez pedig porfírkövet szolgáltattak [5].

A bányászat fontosságát alátámasztják a Római Birodalomban a bányászatra vonatkozó közigazgatási intézkedések és törvények. A római állam az ásványi kincseket köz- vagy császári tulajdonnak (metallum) tekintette. Rendkívül bürokratikus szervezetet építettek ki: a Procurator Metallorum: egy magas rangú császári tisztviselő, általában lovag vagy megbízható felszabadított rabszolga, aki a császár nevében egy egész bányakörzetet irányított [6]. A Lex Metalli (bányászati törvények): ezekre a legjobb példát a Portugáliában felfedezett Vipasca-törvények jelentik. Ezek a bronztáblák szigorú szabályokat határoztak meg a bányabérletek, a biztonság, az adók, sőt a bányatelepen működő helyi fürdők, cipészek és borbélyok monopóliumai tekintetében is. Az állam vagy közvetlenül, a hadsereg segítségével működtette a bányákat, vagy egyes szakaszokat bérbe adott gazdag magánvállalkozóknak (publicani).

A Római Birodalom összeomlása után a bányászat jelentősen visszaesett, de a 10. századtól kezdve erőteljesen újjáéledt. Ezt a fellendülést a népességnövekedés, az urbanizáció, valamint az érmékhez szükséges ezüst és a szerszámokhoz, fegyverekhez szükséges vas iránti égető igény ösztönzött.

Legfontosabb bányaközpontok: Az Erzgebirge, a középkori európai bányászat abszolút központja. Olyan települések, mint Freiberg vagy St. Joachimsthal, hatalmas ezüstkészleteikről váltak híressé. A faluni bányatelep (Svédország): „A Nagy Rézházként" ismert bányatelep kitermelését a 10. században kezdték meg. A késő középkorban az egész Európa rézszükségletének több mint kétharmadát biztosította, gyakorlatilag finanszírozva ezzel a svéd királyság felemelkedését.

Erdély és Máramaros: a Kárpátok régiója a bányászat egyik legfontosabb pillére volt. Az olyan központok, mint Nagybánya, Óradna vagy az Erdélyi középhegység aranymezői, létfontosságúak voltak a Magyar Királyság számára, és a bányászatra szakosodott szász telepeseket vonzottak ide. A sóbányák (például Torda) szintén rendkívül jövedelmező királyi monopóliumot jelentettek. Kutná Hora (Csehország): A

14. században ez a térség Európa teljes ezüsttermelésének körülbelül egyharmadát adta, így a Cseh Királyságot nagy gazdasági hatalommá emelte.

A római korban a legtöbb, a felszínhez közel levő ásványi kincseket kitermelték, ezért a középkorban, a bányászoknak egyre mélyebben kellet ezeket keresniük. Mivel egyre mélyebbre kellett ásniuk a föld alatt, szükségessé vált néhány bonyolultabb gép kifejlesztése. Ezek közül párat megemlíthetünk: Mechanikus szivattyú rendszerek - ahogy a járatok egyre mélyebbre hatoltak a talajvízszint alá, az áradások egyre veszélyesebbé váltak. Hatalmas, lánccal működtetett szivattyúrendszereket és bőrzsákokat fejlesztettek ki, amelyeket vízimalmokkal vagy lovak segítségével hajtottak meg. Mesterséges szellőzés: A hőhatásos technika (a sziklán történő tűzgyújtás) során keletkező mérgező gázok és füst elvezetése érdekében hatalmas, hidraulikusan működtetett szellőzőnyílásokat használtak, vagy speciális, párhuzamos légáramlásra szolgáló aknákat építettek. Szállítás fa síneken: Az erdélyi és német bányákban jelentek meg az első, fa síneken haladó fa vagonok (amelyeket „bányakutyáknak" neveztek), a modern vasutak közvetlen elődei.

Ezek az információk egy, a bányászatról szóló alapvető műnek, nevezetesen Georgius Agricola „De Re Metallica" (1556) című könyvének köszönhetően jutottak el hozzánk.

Egy külön fejezet lehetne Selmecbánya, az európai bányászat történetének egyik legizgalmasabb korszaka. Selmecbánya jelentőséget ebben az összefüggésben röviden bemutatjuk. A környéken folyó bányászat első írásos említése 1156-ból származik, amikor a települést Terra Banensium (a bányászok országa) néven említik. A 13. században IV. Béla király német (szász) bányászokkal telepítette be a régiót, és kiterjedt kiváltságokat, valamint szabad királyi városi jogállást biztosított számukra. A 14–15. század az aranykor volt, amikor Selmecbánya a Magyar Királyság legfőbb ezüst- és aranytermelőjévé vált. Ahogy a bányák egyre nagyobb mélységekbe hatoltak, és súlyos áradásokkal kellett szembenézniük, a helyi mérnökök hidraulikai és oktatási innovációikkal forradalmasították a világ bányászati iparát. A város igazi mérnöki laboratórium volt az egész bolygó számára: a puskapor első alkalmazása a bányászatban (1627): Caspar Weindl, a helyi bányász a világtörténelemben először használta a fekete port (puskaport) a Bieber-bányában a kemény kőzet felrobbantására a föld alatt. A XVIII. században Mikoviny Sámuel, Hell Máté Kornél és fia, Hell József Károly mérnökök megmentették a bányákat az elöntéstől. Egy zseniális rendszert terveztek, amely több mint 60 mesterséges víztározóból állt, és amelyeket több száz kilométernyi csatorna kötött össze. Az összegyűjtött víz hatalmas, fából készült hidraulikus szivattyúkat hajtott meg, amelyek kiszivattyúzták a vizet a bányajáratokból. Bányászati Akadémia (Bergakademie) –: Mária Terézia császárnő 1762-en Selmecbányán alapította a világ első bányászati szakirányú műszaki egyetemét - Bányászati Akadémia (Bergakademie). Az akadémia egész Európából vonzotta a tanárokat és a hallgatókat, és a mérnöki felsőoktatás mintájává vált (amelyet később párizsi és berlini intézmények is átvettek).

Összefoglalásként, a történelem azt mutatja, hogy a sikeres társadalmak, illetve birodalmak mindegyike rendelkezett fejlett bányászati iparral, sőt, háborúkat is vívtak az erőforrások megszerzése és kitermelése érdekében.

2. AZ IPARI FORRADALOM HATÁSA A BÁNYÁSZATRA

Az ipari forradalom, az 1780-as évektől kezdve új fejezetet nyit a bányászatban is, az ipari fejlődés ösztönözte az ipar számára szükséges fémek, valamint a fosszilis tüzelőanyagok (szén) iránti kereslet növekedését.

Ettől kezdve drámai mértékben megnőtt a globális szénkereslet. Az új gőzgépek, a vasgyártás és a bővülő vasúti hálózatoknak köszönhetően az éves brit termelés az 1780-as körülbelül 6 millió tonnáról 1830-ra több mint 30 millió tonnára ugrott [8].

A szénkereslet fő hajtóerői a gőzgépek, a vas- és acélgyártás, közlekedés és a városok növekedése, ahol általában szénnel fűtöttek. James Watt továbbfejlesztett gőzgépe egyre nagyobb tered hódított a gyárakban és malmokban, a koksz felváltotta a faszént a vasolvasztásban, a csatornákon közlekedő uszályok és a korai gőzmozdonyok hatékony útvonalakat teremtettek a nehéz szénszállítmányok eljuttatására a terjeszkedő városokba.

Az első ipari forradalmat a második ipari forradalom követte 1870-ban, az iparágakban bekövetkezett hatalmas technológiai fejlődésnek köszönhetően, amely elősegítette egy új energiaforrás – az elektromosság, a gáz és a kőolaj – megjelenését [9], majd a harmadik 1969-ben, ez vezetett az elektronika, a távközlés és természetesen a számítógépek térnyeréséhez. A harmadik ipari forradalom az új technológiák révén megnyitotta az utat az űrkutatás, az űrkutatási expedíciók és a biotechnológia előtt. Jelenleg a negyedik ipari forradalmat éljük meg, Industry 4.0, amely virtuális valóság-világokat hoz létre, lehetővé téve számunkra, hogy megkerüljük a fizika törvényeit.

Az ipari forradalmak gazdasági fellendülést hoztak magukkal, és ezek hatását a társadalomra a legjobban az egy főre jutó GDP dinamikája mutatja be, 1. táblázat 1. ábra.

Ez az ábra, illetve a táblázat a legmegbízhatóbb történelmi adatok a Groningeni Egyetem Maddison-projektjének [10] adatbázisából származó adatok alapján készült.

1 táblázat

Egy főre jutó GDP fejlődése, $ [10]

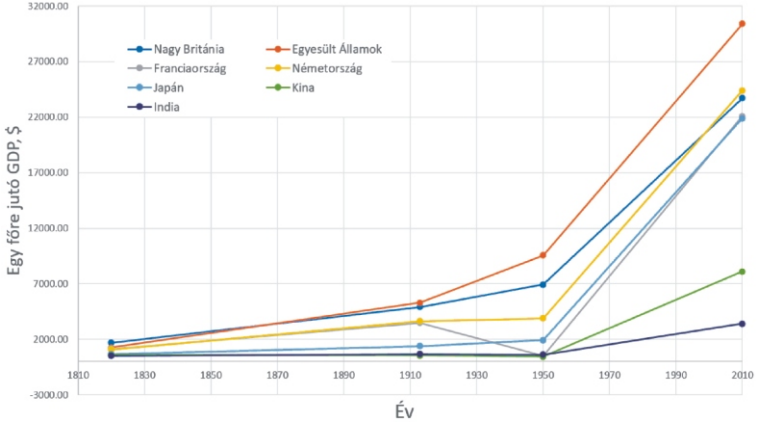
Ország / Régió	Egy főre jutó GDP, $			
	1820	**1913**	**1950**	**2010**
Nagy Británia	1706	4921	6939	23700
Egyesült Államok	1257	5301	9561	30400
Franciaország	1135	3485	527	22100
Németország	1077	3648	3881	24400
Jappán	669	1387	1921	21900
Kina	600	552	439	8100

Az 1. ábrán jól látszik a harmadik ipari forradalom hatása a GDP-re, illetve a társadalom egészének általános fejlődésére.

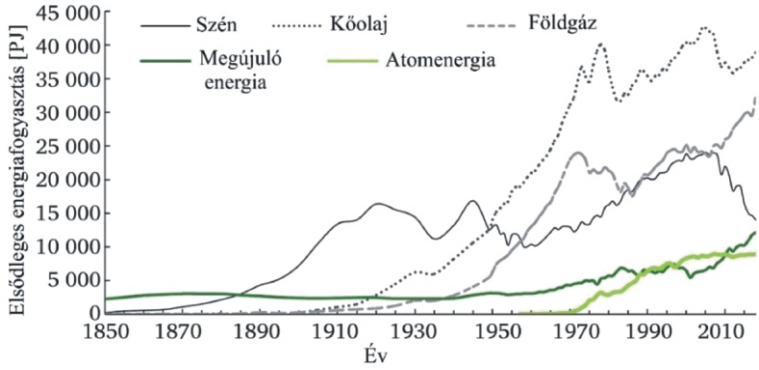
Egy másik fontos mutató, ami jellemzi a társadalom, illetve az ipar fejlődésének fokát, az energiafogyasztás, amelynek dinamikáját a 2. ábrán mutatjuk be [8].

Az ilyen gyors fejlődés fenntartásához szükséges nyersanyagokat és energiát egyaránt a bányászat biztosította.

A 3. és 4. ábra bemutatja az ipari folyamatokhoz szükséges különféle fémek fogyasztását az Egyesült Államokban. A 3. es 4 ábrán jól látható a második és a harmadik ipari forradalom hatása, míg a 4. ábrán egyértelműen megfigyelhető az Industry 4.0 hatása, amelynek következtében a ritkafémek iránti igény hirtelen megnőtt a 2000-es évek elején. A ritkaföldfémek felhasználása később kezdődött, mint más fémeké. Összességében a ritkaföldfémeket az 1950-es évek után kezdték el széles körben alkalmazni. A ritkaföldfémek fogyasztása az 1970-es és 1980-as években gyors növekedést mutatott, majd az azt követő években ingadozott.



1 ábra
Egy főre jutó GDP fejlődése, $ [10]



2 ábra
Elsődleges energiafogyasztás növekedése [8]

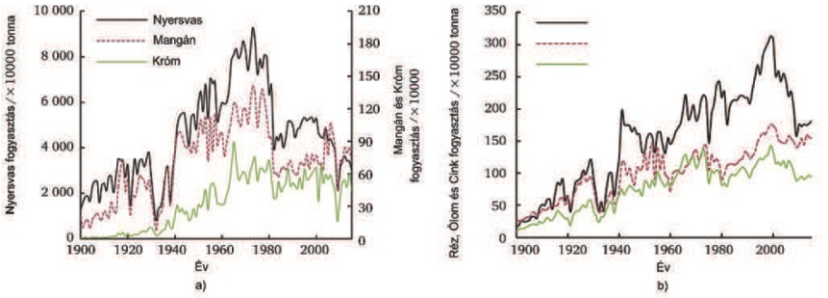
A Világbank 2017-es előrejelzése szerint az alacsony szén-dioxid-kibocsátású technológiák (pl. szélenergia, napenergia és energiatároló akkumulátorok) fejlődése az alumínium, a réz, mangán, lítium, nikkel, ezüst és ritkaföldfémek iránti kereslet növekedését fogja eredményezni; 2050-re az energiatároló akkumulátorokhoz szükséges fémek iránti kereslet a globális hőmérséklet 2 °C-os emelkedését feltételező

forgatókönyv szerint legalább tízszerese lesz a globális hőmérséklet 4 °C-os emelkedését feltételező forgatókönyvben szereplő értéknek [8].

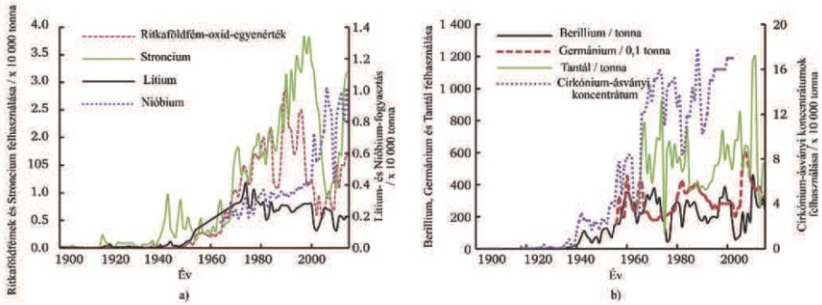
Az 5. ábrán az Egyesült Államokban 1839 és 1909 között kitermelt vasérc, réz, ólom, cink, arany és ezüst terméshozama látható.

Ezen az ábrán látható, hogy az ipari fejlődéssel, és különösen a második ipari forradalom után, folyamatosan nőtt a kitermelt érc mennyisége.

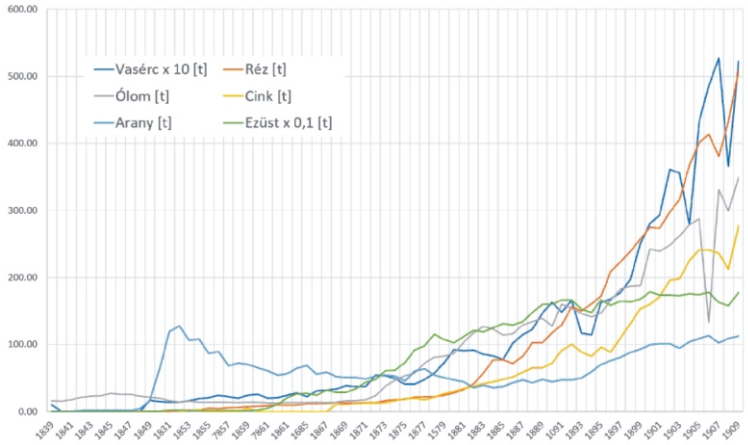
A bemutatott adatok kétségtelenül bizonyítják, hogy egy ország ipari fejlődése nem valósulhat meg egy fejlett bányászati ipar nélkül, amely képes biztosítani a szükséges nyersanyagokat.



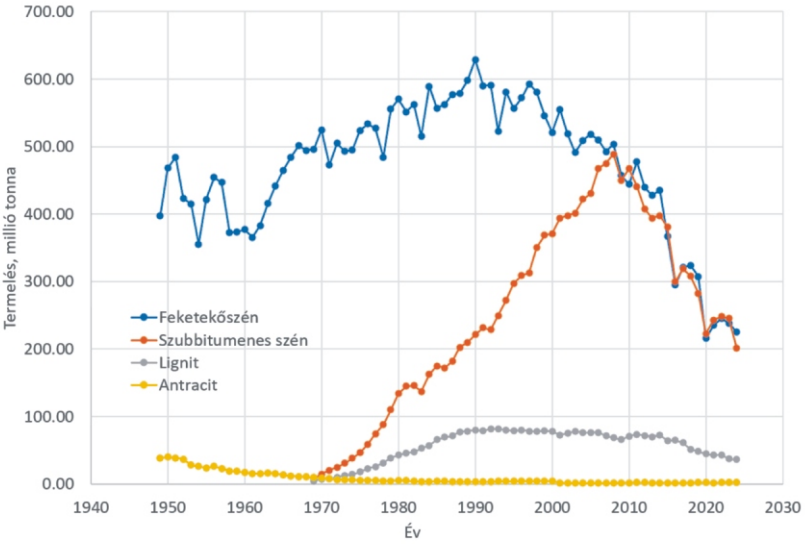
3 ábra
Különböző fémek felhasználása



4 ábra
Különböző fémek felhasználása

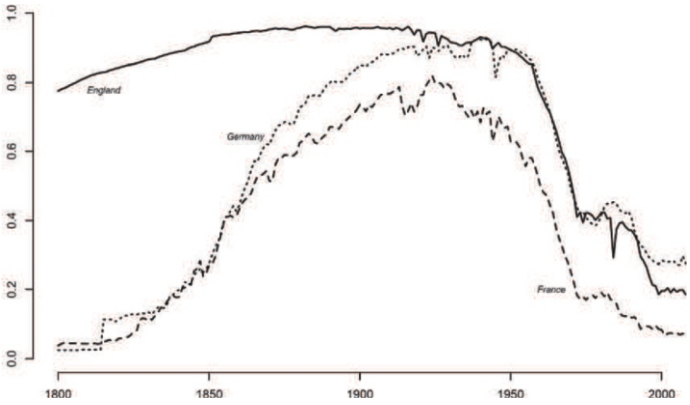


5. ábra
Egyes ércek bányászata az Egyesült Államokban 1839 és 1909 között [11]



6. ábra
Kitermelt szénmennyiség az Egyesült Államokban 1940 és 2024 között [12]

A 6. ábrán látható, hogy a kitermelt szén mennyiségé az kezdve a1960-as évektől folyamatosan nő, és a zöld energia korszakának kezdetével hirtelen csökken. Ezt a megállapítást alátámasztják a 2. ábrán bemutatott adatok, amelyek szintén a szénalapú energiatermelés csökkenését mutatják.



7. ábra
Szénalapú energiatermelés részesedése az összenergia termelésben [13]

A 7. ábrán feltüntetett adatok azt mutatják, hogy az energiatermelés 1900 és 1960 között Anglia, Németország és Franciaország-ban [13] majdnem teljesen szénalapú volt, ezután megjelentek az első atomerőművek és amint a 2. ábra mutatja, a földgáz fogyasztás is jelentősen megnőtt bar az utóbbit nem kimondottak elektromos energia előállítására használnak.

3. A BÁNYÁSZATI STRATÉGIÁK KIDOLGOZÁSÁNAK ALAPVETŐ ELEMEI

A bányászati ipar több alapvető szempont szerint is osztályozható: a kitermelt nyersanyag típusa, a kitermelés módja és az alkalmazott technológiai folyamat szerint.

A leggyakrabban alkalmazott osztályozás a kitermelt anyagok jellege szerinti, amely az ipart négy nagy kategóriára osztja:

- **Energetikai célú bányászat**: szén (feketeszén, barnaszén, antracit), bitumenes palák, urán és tórium (atomerőművekhez) kitermelése.
- **Ércbányászat:** vas, mangán, króm, nikkel, réz, ólom, cink, alumínium (bauxit), nemesfémek (arany, ezüst, platina) illetve ritka és stratégiai fémek (kobalt, lítium, titán, volfrám).
- **Ásványbányászat:** ipari ásványok - kősó, kálium, foszfátok (műtrágyákhoz), kén, fluorit és grafit kitermelése.
- **Építőanyagok és hasznos kőzetek:** homok, kavics, agyag, mészkő, gipsz, márvány és gránit.

Az előző fejezetekben elsősorban az első két kategóriából származó ásványi erőforrásokról szóló adatokat mutattunk be, ezért a továbbiakban is ezeket fogjuk elemezni.

3.1. A bányászati stratégia kidolgozását befolyásoló tényezők

A bányászati stratégia kidolgozása az egyik legösszetettebb folyamat, mivel a bányászati ipar tőkeigényes, a projektek életciklusa hosszú (gyakran több tíz évig tart), és a geológiai és piaci bizonytalanság mértéke magas.

Egy sikeres bányászati stratégia nem csupán a hosszú távú értékoptimalizálásra irányul, hanem egyúttal a hatalmas környezeti, társadalmi és politikai kockázatok kezelésére is.

A kormányzati szintű bányászati stratégia kidolgozása három szinten épül fel: a nemzeti (*minden országnak megvannak a saját stratégiai dokumentumai*) [14] és európai jogi keret (*The Raw Materials Initiative — Meeting our critical needs for growth and jobs in Europe*) [15] [16], a nemzetközi pénzügyi szervezetek iránymutatásai – *World Bank Group: Mining Sector Diagnostic (MSD)* [17], valamint a globális geopolitikai tanulmányok, például *Resource Nationalism and the Resilience of Critical Mineral Supply Chains* [18].

A bányászati stratégia kidolgozását befolyásoló tényezők öt fő kategóriába sorolhatók:

I. Geológiai és műszaki tényezők. Ezek azok a természetes korlátok, amelyeket nem lehet megkerülni, és amelyek meghatározzák a gazdasági életképességet. Számos tényezőt lehet felsorolni, nevezetesen: a lelőhely jellegét és méretét, a mélységet és a geometriát, valamint a kohászati és ásványtani összetettséget.

II. Gazdasági és pénzügyi tényezők. A bányászat egy ciklikus iparág, amely a nyersanyagok globális árától függ, amely erősen ingadozik. Ezért, egy fontos tényező amire figyelni kell az, hogy a stratégiának mind a maximális árakkal, mind a piaci összeomlásokkal szemben ellenállónak kell lennie.

III. Geopolitikai, jogalkotási és adózási tényezők. Az ásványi erőforrások a legtöbb államban közvagyonhoz tartoznak, ami azt jelenti, hogy a bányászat szorosan összefügg a politikai döntésekkel. A magas politikai kockázatú területeken a stratégia a befektetés gyors megtérülésére összpontosít, míg a stabil országokban a fenntartható, hosszú távú stratégiákat részesítik előnyben. A bányajáradékok vagy a használati díjak kormányok általi hirtelen megváltoztatása egy nyereséges projektet csődbe vihet. A stratégiának tartalmaznia kell a jogi lépések alapos tervezését, hogy elkerülhető legyen a tőke befagyasztása a környezetvédelmi és kitermelési engedélyek megszerzésének nehézségei miatt, amelyek akár évekig is eltarthatnak.

IV. Környezeti, társadalmi és vállalatirányítási tényezők. A XXI. században ezek a tényezők ugyanolyan fontossá váltak, mint a geológiai tényezők. Egy bányavállalat nem működhet a helyi közösség beleegyezése nélkül. A stratégiának tartalmaznia kell egyértelmű terveket a szén-dioxid-lábnyom csökkentésére, a felelősségteljes vízgazdálkodásra és a meddőtavak kezelésére. A bányászat gyakran szétszakítja a közösségeket vagy befolyásolja a hagyományos életmódot, ezért a modern stratégiák helyi fenntartható fejlesztési programokat is tartalmaznak, hogy a helyiek a bányát partnerként, és ne kizsákmányolóként lássák. A bányabezárási stratégiát már a bányanyitás előtt ki kell dolgozni, a környezet-helyreállítási forrásokat pedig a termelési időszak alatt kell felhalmozni.

V. Technológiai tényezők és innováció (digitalizálás). A technológia a bányászatot nagy pontosságú automatizált iparággá alakítja, az autonóm, távvezérelt gépek és drónok bevezetésével. Ezek csökkentik a költségeket, és ami a legfontosabb: kivonják az embereket a veszélyes területekről. A kitermelési stratégia manapság mesterséges intelligencia algoritmusokat alkalmaz a műholdas és geofizikai adatok elemzésére, növelve ezzel a kitermelés sikerességi arányát.

A fentieket elemezve, megállapítható, hogy a geológiai és műszaki tényezők adottak, míg a gazdasági és pénzügyi tényezők szoros kapcsolatban állnak a

geopolitikai, jogalkotási és adózási tényezőkkel. A környezeti, társadalmi és vállalatirányítási tényezők nem jelentenek olyan problémát, amelyet megfelelő tervezéssel ne lehetne megoldani, míg a technológiai tényezők és a digitalizálás főként ezen technológiák általános fejlődésétől függ.

Ezek szerint a jelenlegi nemzetközi helyzet a politikai, katonai és társadalmi összetevőin keresztül valószínűleg a legnagyobb hatással van a bányászati stratégiákra.

3.2. A jelenlegi nemzetközi helyzet rövid jellemzése politikai, katonai és társadalmi szempontból

A jelenlegi nemzetközi helyzetet a multipoláris világrend felé vezető viharos átmenet, a kimerítő háborúk fokozódása és a mélyreható társadalmi válságok jellemzik. [19] [20] [21] [22] [23].

Politikai szempontból az Egyesült Államok és Kína közötti kapcsolat határozza meg a globális napirendet, és a kereskedelmi és technológiai kockázatok csökkentésére irányuló stratégiák (de-risking) révén irányított együttélés felé halad.

A geopolitikai blokkok már nem annyira körvonalazottak, a közepes méretű és feltörekvő államok eseti alapon változtatják szövetségeiket, az azonnali gazdasági és biztonsági érdekeiknek megfelelően.

Gazdasági szempontból a teljesen szabadpiac korszaka véget ért, a kormányok ugyanis szubvenciók és protekcionista intézkedések révén agresszíven szabályozzák a piacokat, hogy biztosítsák maguknak a kritikus erőforrásokat.

A nacionalizmus térnyerésének következtében a nagy demokráciákban tapasztalható belső politikai instabilitás gyengíti a nemzetközi konszenzust és a globális válságok kezelésére irányuló koordinációs képességet.

Valószínűleg a legfontosabb szempont a katonai dimenzió: az ukrajnai kimerítő háború hatalmas erőforrásokat köt le, és így a termelési kapacitások (lőszer, drónok, légvédelmi rendszerek és a munkaerő-gazdálkodás) közötti versengéssé alakul.,

Ehhez hozzáadódik a Közel-Kelet krónikus regionális instabilitása, amely a konfliktusok átalakulása, valamint az iráni hatalomátvételi kockázatok és a belső nyomás miatt továbbra is rendkívül ingatag marad, miközben az instabilitás gyorsan terjed Afrikában (Sahel) és Ázsiában.

Emellett egy új fegyverkezési verseny elindulása miatt egyre nagyobb nyomás nehezedik a stabilitásra: a világ minden táján az államok növelik védelmi költségvetésüket, és elsőbbséget adnak az autonóm technológiáknak, a katonai mesterséges intelligenciának és a határok biztonságának.

Nem utolsósorban jelentős hatással bírnak a súlyos éghajlati változások is, amelyek túllépik az 1,5 °C-os kritikus küszöböt, és amelyek a fenyegetések felerősítőjeként hatnak, tönkretéve az infrastruktúrát és hatalmas menekültáradatokat generálva az instabil régiókból.

Az egyes államok bányászati stratégiáiban tükröződniük kell a fent említett kockázatoknak, amelyek a globális biztonságot és gazdaságot fenyegetik.

A bányászati stratégiák elemzéséhez a legnagyobb gazdasági, politikai és katonai szereplők közül választunk ki néhányat: az Egyesült Államokat, Kínát, Oroszországot és az Európai Uniót.

4. AKTUÁLIS BÁNYÁSZATI STRATEGIÁK

4.1. Az Egyesült Államok bányászati stratégiája

Az Egyesült Államok bányászati stratégiája a szigorúan gazdasági jellegű politikából a nemzetbiztonság és az energetikai dominancia egyik kulcsfontosságú pillérévé vált. A középpontba a „teljes ellátási lánc feletti teljes ellenőrzés" került [24]. A fő cél a geopolitikai riválisoktól (különösen Kínától) való függőség megszüntetése a védelmi ipar, a technológia és az energetikai átállás szempontjából létfontosságú kritikus ásványi anyagok és ritkaföldfémek tekintetében [25] [26] [27] [28] [29].

Az Egyesült Államok jelenlegi bányászati stratégiájának négy fő pillére van:

1. **Az ellátási lánc ellenőrzése és a gazdasági nacionalizmus**
2. **A bürokrácia leépítése és az engedélyezési eljárások egyszerűsítése („FAST-41")**
3. **Az ásványi anyagok diplomáciája és a geopolitikai szövetségek**
4. **A körforgásos gazdaság és a tengeralatti bányászat**

Ami az ellátási lánc ellenőrzését és a gazdasági nacionalizmust illeti, szigorú korlátozások vannak érvényben: a gazdasági szereplőknek kötelességük, hogy a szabályozott stratégiai anyagok havi értékesítésének 100%-át kizárólag az Egyesült Államokban működő szervezeteknek irányítsák. Emellett hatalmas összegű finanszírozás valósul meg az államtól származó több milliárd dolláros tőkeinjekció révén (több mint 2 milliárd bányászati projektekre, 3 milliárd a Pentagonnak katonai ellátásra és 180 millió dollár egyetemeknek). Emellett hatalmas összegű finanszírozás valósul meg az államtól származó több milliárd dolláros tőkeinjekció révén (több mint 2 milliárd bányászati projektekre, 3 milliárd a Pentagonnak katonai ellátásra és 180 millió dollár egyetemeknek).

A bürokrácia leépítése terén a következő intézkedéseket hozták: a nagy stratégiai bányászati projektek környezetvédelmi felülvizsgálatainak határidejének drasztikus lerövidítése („FAST-41"), a szövetségi ügynökségek felhatalmazása a jogi akadályok felszámolására és a bányászati termelés előtérbe helyezésére minden más tevékenységgel szemben a szövetségi közterületeken, és nem utolsósorban a National Energy Dominance Council létrehozása az engedélyezési eljárások felgyorsítása érdekében.

Az ásványi anyagok diplomáciája és a geopolitikai szövetségek terén, a cél egy exkluzív blokk létrehozása (több mint 50 szövetséges ország, beleértve a G7-et, az EU-t, Japánt, Indiát és Dél-Koreát) a méltányos piaci árak kialakítása és a kínai dömping ellensúlyozása érdekében. Egy másik célkitűzés a Development Finance Corporation révén történő beruházások kiterjesztése (a költségvetés több mint 205 milliárd dollárra emelkedett) Afrikában, Latin-Amerikában és Kazahsztánban. A Defense Production Act révén az Egyesült Államok területéről kitermelt kritikus fontosságú ásványi anyagok exportjának megakadályozására törekednek.

Az új bányászati lehetőségek kihasználása terén (körforgásos gazdaság és a tengeralatti bányászat) a cél, a ritka ásványok kinyerése a bányahulladékból, az ipari salakból, valamint az elektronikus hulladékok újrahasznosítása (városi bányászat), valamint a mélytengeri kitermelések tekintetében a külső kontinentális talapzaton és nemzetközi vizeken történő fúrási és kitermelési pályázatok meghirdetését (gallium, mangán, nióbium, titán), az ökológiai vagy helyi ellenállások ellenére.

Az erőforrások kategóriái szerint a bányászati stratégia az energetikai erőforrásokra összpontosít: urán – a belföldi bányák újraindításával (Utah, Wyoming, Arizona); szén – a bányaterületek átalakításával, a szén és a hamu nyersanyagként való felhasználásával a ritkaföldfémek kitermelésében és a szintetikus grafit előállításában; lítium – geotermikus sóoldatokból és olajmezők szennyvizeiből történő koextrakcióval (Texas, Kalifornia), a környezeti hatások csökkentése érdekében.

Egy másik fontos kategória, az új fegyverkezesi verseny miatt a Ritkafémek és fémérc-bányászat: Réz, nikkel, kobalt – a projektek felgyorsítása a védelmi jogszabályokra hivatkozva, valamint szigorú ESG-szabványok bevezetése kereskedelmi korlátként a Kína gazdasági verseny ellen; Lantánidok, skandium, itrium: a Mountain Pass-i bányában (Kalifornia) végzett közbenső feldolgozás közvetlen finanszírozása annak érdekében, hogy ne kerüljenek koncentrátumok Kínába, valamint új projektek a nehéz ritkaföldfémek terén; Gál, germánium, antimon: a nemzeti védelmi tartalékok mozgósítása és a belföldi projektek finanszírozása (pl. az idahói Stibnite-projekt az antimon kitermelésére) a félvezetők és a lőszerek gyártásának biztosítása érdekében.

4.2. Kína bányászati stratégiája

Kína máris globális monopóliummal rendelkezik a ritkafémek területén, ezért bányászati stratégiája támadó jellegű, átfogó és e globális monopólium megerősítésére összpontosít. Peking a bányászatot nem csupán kitermelőiparnak tekinti, hanem a jövő technológiáinak ellenőrzését szolgáló fontos geoökonómiai eszköznek.

Kína a világ ritkaföldfém-kitermelésének mintegy 60%-át ellenőrzi, de valódi ereje a feldolgozásban rejlik: a világ ritkaföldfém-készletének több mint 90%-át finomítja, és az elektromos járművekben, szélturbinákban és a haditechnikában használt állandó mágnesek 94%-át gyártja [30] [31] [32] [33] [34] [35] [36].

A Kínai bányászati stratégia pillérei:

1. **Az exportellenőrzések eszköze és az „extraterritoriális záradékok”**
2. **Az „infrastruktúra az erőforrásokért” stratégia a feltörekvő piacokon**
3. **A feldolgozási technológia és a know-how monopóliuma**
4. **Az alacsony árak háborúja - ökológiai és gazdasági dömping**
5. **Az erőforrások és tartalékok teljes államosítása a kitermelés helyén**

Az export ellenőrzés terén a Kínai kormány a következő intézkedéseket hozta: fokozatosan leállította vagy korlátozta a gallium, a germánium, a grafit és az antimon exportját, amelyek a félvezetők és az akkumulátorok gyártásához elengedhetetlen anyagok; A kínai Kereskedelmi Minisztérium (MOFCOM) szigorú szabályozást dolgozott ki, amely megtiltja a kínai technológiák vagy ritkaföldfémek felhasználását a világ bármely pontján gyártott késztermékekben, amennyiben azok riválisszervezeteket szolgálnak ki. E rendelkezések közül néhány teljes körű alkalmazását stratégiai okokból 2026 novemberéig elhalasztották a kétoldalú tárgyalások miatt; 2026 júniusában, Washington nyomására Peking feketelistára tette a nagy amerikai bányavállalatokat (például az MP Materials-t), és megtiltotta, hogy bármely nemzetközi szervezet kínai eredetű berendezéseket vagy alapanyagokat szállítson nekik.

Ami a „infrastruktúra az erőforrásokért” stratégiát illeti a feltörekvő piacokon, tudatában annak, hogy a hazai készletek végesek, Kína világszerte több mint 120 milliárd dollárt fektetett be már működő bányák (brownfield) megvásárlására Afrikában, Latin-Amerikában és Közép-Ázsiában. A nyugati vállalatokkal ellentétben a kínai állami vállalatok (SOE) szorosan együttműködnek a diplomáciai képviseletekkel

és az állami bankokkal. Autópályákat, vasútvonalakat és kikötőket biztosítanak az afrikai kormányoknak (Afrika három legnagyobb infrastrukturális projektjéből egyet ők építenek) cserébe több évtizedes kizárólagos kitermelési jogokért. A nagyprojektek ellenőrzésének legjobb példája a guineai Simandou-projekt (23 milliárd dolláros beruházás), amely a világ legnagyobb kiváló minőségű vasérc-lelőhelye, és amelynek többségi tulajdonosa kínai konzorciumok.

A nyugati országokkal ellentétben – amelyek környezetvédelmi okokból tönkretették a feldolgozóipart – Kína fejlesztette a ritkaföldfémek finomításának tudományát.

Kína birtokolja a nehéz ritkaföldfémek (terbium, diszprózium) kémiai elválasztásának ipari titkait, amelyek rendkívül szennyező és bonyolult folyamatok. A kínai stratégia teljes mértékben megtiltotta a mágnesek gyártásához szükséges technológiák és berendezések exportját. Még ha az USA-nak vagy az EU-nak sikerül is bányákat nyitnia, gyakran kénytelenek az érc-koncentrátumot Kínába küldeni és ott történik a tiszta fémmé való redukció.

Az árszabályozás tekintetében Kína stratégiája rendkívül hatékony. Amikor a Nyugat megpróbálja finanszírozni a független alternatív bányákat, Kína elárasztja a globális piacot lítiummal, kobalttal vagy ritkaföldfémekkel, amelyek árát mesterségesen lecsökkenti. Így Peking elérte, hogy az Egyesült Államokban, Ausztráliában vagy Kanadában működő bányászati projektek veszteségessé váljanak, és kénytelenek legyenek csődbe menni, még mielőtt megkezdődne a kereskedelmi termelés. A kínai állami vállalatok vállalják ezeket a hosszú távú pénzügyi veszteségeket, mivel a kormány évente mintegy 200 milliárd dollárral támogatja őket közvetlenül.

A kínai kormány elrendelte, hogy az ország felszín alatti összes stratégiai ásványi erőforrás szigorúan ellenőrzött állami tulajdonba tartozik, és gyakorlatilag lehetetlen bármilyen külföldi befektetést megvalósítani a hazai bányászati szektorban. Peking felgyorsította a stratégiai tartalékok tárolására szolgáló létesítmények építését; a vállalatok kötelesek hatalmas ásványi készleteket közvetlenül a kitermelés helyszínén legalább 5 évig zárolva tartani, biztosítva ezzel Kína teljes ellenállóképességét egy esetleges nemzetközi kereskedelmi blokád esetén, miközben hatalmas mértékben bővítik a világ legnagyobb ritkafém-lelőhelyét, a Bayan Obo-t.

Kína hatalmas összegeket fektet be az ipari hulladékokból történő ásványkitermelési technológiákba (urban mining), és megállapodásokat köt a Csendes-óceáni térségben (pl. a Cook-szigeteken), hogy uralja a jövőbeli mélytengeri bányászatot.

4.3. Oroszország bányászati stratégiája

Az ukrajnai háború miatt az orosz bányászati stratégiáról elérhető adatok korlátozottak és erősen elfogultak, így azok interpretálása során elengedhetetlen a Nyugat és Oroszország közötti feszült viszonyrendszer figyelembevétele.

Oroszország bányászati stratégiája a tömeges áruexportra épülő modellből a katonai-ipari komplexum biztonságának garantálására irányuló stratégiává alakult át. Az ukrajnai háborút követő súlyos nyugati szankciókkal szembesülve Moszkva hatalmas tartalékait politikai nyomásgyakorlási eszközként használja, miközben igyekszik csökkenteni saját kritikus függőségeit [37].

Bár Oroszország rendelkezik a világ második legnagyobb ritkaföldfém-készletével (körülbelül 12 millió tonna), paradox módon feldolgozási igényének 90%-át importból fedezi, elsősorban Kínából.

Ezen sebezhetőség orvoslására az állami stratégia a következő pilléreken alapul [38] [39] [40]:

1. **A „de facto" államosítás és a katonai alárendeltség**
2. **Ritkaföldfémekre (REE) vonatkozó terv**
3. **A teljes átállás Ázsiára és az alternatív útvonalakra**
4. **Az agresszív terjeszkedés Afrikában**
5. **Északi-sarkvidéken és a Donbaszban rendelkezésre álló erőforrások megerősítése**

A de facto államosítás tekintetében az orosz kormány szorosan irányítja a nagy magán- és állami bányászati monopóliumokat (például a Norilsk Nickel, a Rusal vagy az Alrosa vállalatokat), hogy az erőforrásokat (nikkel, platina, alumínium) közvetlenül a rakétagyártás, a repülőgépipar és a páncélozott járművek gyártása felé irányítsa. A moszkvai kormány többször is meghosszabbította a nemesfém-hulladékok és -maradványok (arany, platina, ezüst) exportjára vonatkozó ideiglenes tilalmakat, hogy kizárólag az orosz finomítókban történő feldolgozásukat kényszerítse ki.

A ritkaföldfémekre vonatkozó terv a technológiai akadályok felismerése nyomán született, és az elnök elrendelte egy sürgősségi kormányzati útiterv kidolgozását, amelynek keretében Oroszország azt tűzte ki célul, hogy 2030-ig legalább 3000 tonnára növelje a ritkaföldfémek hazai termelését, hogy teljes mértékben fedezze a katonai technológia és a félvezetők iránti belföldi keresletet. Ennek a törekvésnek részeként hatalmas támogatásokat különítettek el a finomítási technológiára, hogy áttörjék a kémiai feldolgozás terén fennálló akadályt, amely területen Moszkva továbbra is a kínai szakértelemtől függ.

Azoknál az ásványi anyagoknál, amelyeket nem tud hatékonyan feldolgozni vagy kitermelni (például az alumínium előállításához szükséges alumínium-oxid vagy a hőálló speciális acélokhoz szükséges feroniobium), Oroszország nagymértékben átállt a Kínából, Brazíliából és Kazahsztánból származó importra. Hatalmas beruházások folynak a Kínával és Észak-Koreával határos vasúti és kikötői infrastruktúrába annak érdekében, hogy biztosítsák a nyugati tengeri szankcióktól mentes vas- és színesfém-áramlást.

A többi államhoz hasonlóan Oroszország is Afrikára összpontosít. Magánkatonai szervezeteken (a korábbi Wagner-csoport, jelenleg az Africa Corps) keresztül a Kreml védelmet nyújt az különböző afrikai országoknak (Mali, Burkina Faso, Közép-Afrikai Köztársaság, Niger). A biztonsági szolgáltatásokért cserébe orosz fedőcégek kizárólagos koncessziókat kapnak arany-, gyémánt-, lítium- és uránbányákra, ezzel közvetlenül finanszírozva a háborús erőfeszítéseket és megkerülve a globális bankrendszert.

Az északi-sarkvidéki erőforrások kiaknázása tekintetében Oroszország hatalmas bányászati projekteket valósít meg a Kola-félszigeten és Szibériában, elsősorban a platinacsoportba tartozó fémek (PGM) és a lítium kitermelésére összpontosítva, miközben a gleccserek olvadását kihasználva új tengeri szállítási útvonalakat nyit meg.

A Donbaszban Oroszország megkezdte a helyi mangán- és egyéb kritikus ipari ásványi anyagok kitermelésére irányuló tervek végrehajtását.

4.4. Európai Unió bányászati stratégiája

Az Európai Unió bányászati stratégiáját elsősorban a kritikus nyersanyagokról szóló rendelet (Critical Raw Materials Act – CRMA) szabályozza, amely egy alapvető jogalkotási pillér, amelynek célja az Unió hagyományos függőségének csökkentése az

kizárólagos beszállítóktól (például Kínától), valamint a zöld és digitális átálláshoz, illetve a védelmi ágazat számára szükséges erőforrások biztosítása. [41].

Stratégiai önellátásának biztosítása érdekében az EU egyértelmű referenciaértékeket határozott meg a stratégiai nyersanyagok éves fogyasztására vonatkozóan, amelyeket 2030-ig el kell érni:

- A stratégiai nyersanyagok kitermelésének legalább 10%-a az EU-n belüli bányákból származzon;
- Ezen anyagok feldolgozásának és finomításának legalább 40%-át az EU-n belül kell elvégezni;
- A szükséglet legalább 25%-át újrahasznosítással és a körforgásos gazdaság révén kell fedezni;
- Bármely kulcsfontosságú nyersanyag-felhasználás legfeljebb 65%-a származhat egyetlen harmadik országból.

A stratégia fő pillérei [42] [43] [44] [45] [46]:

1. **Stratégiai projektek és az engedélyezési eljárások felgyorsítása**
2. **A geológiai kutatások finanszírozása és ösztönzése**
3. **Körforgásos gazdaság és közös készletek**
4. **Nemzetközi diverzifikáció és partnerségek**

A stratégiai projektek tekintetében az Európai Bizottság már több tucat ilyen projektet (köztük lítium-, nikkel-, kobalt- és mangánbányászatokat) jelölt ki, amelyek gyorsított engedélyezési eljárás alá tartoznak. A kitermelési engedélyek megszerzésére vonatkozó maximális határidőt 27 hónapra, a feldolgozási engedélyek esetében pedig 15 hónapra csökkentették. Ezek a projektek „kiemelt közérdekű" státuszt kapnak, ami megkönnyíti bizonyos szigorú környezetvédelmi előírásoktól (például a vízügyi vagy az élőhelyvédelmi irányelvektől) való eltérést, hogy a beruházások gyorsan elindulhassanak.

A finanszírozási stratégia a nemzeti geológiai térképek modernizálására helyezi a hangsúlyt, kutatóintézetekkel való partnerségeken és a fejlett technológiák alkalmazásán keresztül. Ösztönzik a befektetők számára nyújtott adókedvezményeket, valamint a köz- és magántőke bevonását olyan mechanizmusok révén, mint a STEP (Strategic Technologies for Europe Platform) platform, amely a feltárás kezdeti szakaszainak finanszírozását szolgálja.

Az EU olyan kiegészítő kezdeményezések révén, mint a RESourceEU terv, közös beszerzési intézkedéseket, stratégiai készletek felhalmozását és az értékes hulladékok (például az elektromos járművekben található állandó mágnesek) exportjára vonatkozó korlátozásokat vezet be annak érdekében, hogy a ritkafémek az európai piacon belül maradjanak.

Mivel az EU nem lehet teljesen önellátó, a stratégia magában foglalja egy „nyersanyagklub" létrehozását. Az EU stratégiai partnerségeket köt erőforrásokban gazdag harmadik országokkal, és támogatja az ellátási láncok integrációját a jövőbeli csatlakozási jelölt országokkal, például Ukrajnával (amely hatalmas grafit-, lítium- és titánkészletekkel rendelkezik). Emellett az EU szorosan együttműködik nyugati szövetségeseivel olyan kezdeményezésekben, mint az USA által vezetett Pax Silica.

5. ÖSSZEGZÉS

A korábbi fejezetekben kifejtettek lehetőséget adnak arra, hogy általános következtetéseket fogalmazzunk meg a bányászat relevanciájáról és a hosszú távú bányászati stratégia fontosságáról.

A történelem során a bányászat egy ország gazdaságának, jólétének és függetlenségének egyik alapvető pillérének bizonyult, biztosítva az ipar számára szükséges erőforrásokat, és ezáltal megerősítve az ország védelmi képességeit.

A jelenkori kihívások mellett a bányászati stratégia alapvető fontosságú az állam hosszú távú biztonsága és külső válságokkal szembeni ellenállóképessége szempontjából.

A bemutatott bányászati stratégiák kiemelik, hogy a geopolitikai környezet olyan kardinális tényező, amely nagyban meghatározza a bányászati koncepciók kidolgozását.

A háborúk és a közel-keleti tartós politikai instabilitás miatt megugrott a fegyvergyártás, ez pedig közvetlenül növelte a ritkafémek iránti igényt. A ritkafémek iránti igény növekedésének másik kulcsfontosságú mozgatórugója a karbonsemleges gazdaságot megcélzó zöld átállás.

A bemutatott bányászati stratégiák egyik közös tényezője a háborús gazdaságra való felkészülés, illetve Oroszország eseteben a teljes átállás a háborús gazdaságra.

Egy másik világos trend a meglévő monopóliumok megszilárdulása, valamint a hátrányosabb helyzetű államok törekvése ezek megtörésére.

A bemutatott bányászati stratégiák másik jellemzője a külső diverzifikáció és az olyan partnerségek kialakítása, amelyek révén a szükséges erőforrások hosszú távú biztosítását kívánják elérni.

A meglévő erőforrások véges jellegéből kiindulva a jövőbeli bányászati stratégiák fókuszában az körforgásos gazdaság, az ipari hulladékok újrahasznosítását célzó városi bányászat (urban mining), valamint a mélytengeri kitermelési technológiák állnak.

A bemutatott következtetések kiindulópontot jelentenek az országspecifikus igényekhez igazított bányászati stratégiák megalkotásához.

A geopolitikai és gazdasági dinamika megköveteli a bányászati stratégiák rendszeres felülvizsgálatát a világpolitikai, társadalmi és katonai változások függvényében.

Összegzésként megállapítható, hogy a bányászati stratégia kidolgozása a nemzeti szuverenitás közvetlen kifejeződése, valamint az ország jövőbeli jólétének és stabilitásának záloga.

Irodalom

[1] https://whc.unesco.org/en/tentativelists/5421/ accesed on 15.08.2026

[2] https://www.britannica.com/technology/mining/Surface-mining accesed on 15.08.2026

[3] https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/9781444338386.wbeah15281 accesed on 15.08.2026

[4] Hirt, A. M., Imperial Mines and Quarries in the Roman World – Organizational Aspects 27 BC-AD 235, Oxford University Press, ISBN: 978-0-19-957287-8, 2010.

[5] Sherwood, A. N., Nikolic, M., Humphrey, J. W., & Oleson, J. P. *Greek and Roman Technology: A Sourcebook.* Routledge. (2003)

[6] Fernández-Lozano, J., Ferrari, E. *Pliny the Elder's discourse on Roman gold mining: The ecological approach of his gold metaphor and the personification of Nature*. Humanit Soc Sci Commun 13, 228 (2026). https://doi.org/10.1057/s41599-026-06556-x https://www.nature.com/articles/s41599-026-06556-x

[7] Béatrice Cauuet. *Gold and silver extraction in Alburnus Maior mines, Roman Dacia (Rosia Montana, Romania). Dynamics of exploitation and management of the mining space*,. coord. ed. Luís Fontes. Paisagens Mineiras Antigas na Europa Ocidental. Investigação e Valorização Cultural, p. 81-104., 2014, Paisagens Mineiras Antigas na Europa Ocidental. Investigação e Valorização Cultural, 978-972-97695-7-3. ⟨halshs02130709⟩

[8] Jianfeng Yang, Yun Yu, Teng Ma, Cuiguang Zhang, Quan Wang, Evolution of energy and metal demand driven by industrial revolutions and its trend analysis, Chinese Journal of Population, Resources and Environment, Volume 19, Issue 3, 2021, Pages 256-264, ISSN 2325-4262, https://doi.org/10.1016/j.cjpre.2021.12.028. (https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2325426221001194)

[9] https://ied.eu/project-updates/the-4-industrial-revolutions/

[10] Bolt, J, Timmer, M & van Zanden, J L 2014, *GDP per capita since 1820.* in J Luiten van Zanden, J Baten, M Mira d'Ercole, A Rijpma, C Smith & M Timmer (eds), How Was Life? : Global Well-being since 1820. OECD Publishing, pp. 57-72. https://doi.org/10.1787/9789264214262-en

[11] Orris C. Herfindahl, *Development of the Major Metal Mining Industries in the United States from 1839 to 1909, http://www.nber.org/chapters/c1571, Vol. Output, Employment, and Productivity in the United States after 1800*, Editor Dorothy S. Brady, http://www.nber.org/books/brad66-1, p. 293 – 348, ISBN: 0-870-14186-4, 1966

[12] US Energy Information Administration – EIA, https://www.eia.gov/coal/data.php accesed on 15.08.2026

[13] Esposito, E., Abramson, S.F. *The European coal curse*. J Econ Growth 26, 77–112 (2021). https://doi.org/10.1007/s10887-021-09187-w

[14] https://www.juridice.ro/762679/strategia-nationala-pentru-resurse-minerale-neenergetice-pentru-perioada-2025-2035.html

[15] https://www.iss.europa.eu/publications/briefs/mining-europes-future-critical-raw-materials-public-attitudes-and-risks

[16] https://www.europeansources.info/record/communication-the-raw-materials-initiative-meeting-our-critical-needs-for-growth-and-jobs-in-europe/

[17] https://www.worldbank.org/en/programs/msd

[18] https://www.rff.org/publications/reports/resource-nationalism-and-the-resilience-of-critical-mineral-supply-chains/

[19] https://thediplomat.com/2025/12/outlook-geopolitical-trends-and-global-diplomacy-in-2026/

[20] https://css.ethz.ch/en/center/CSS-news/2026/04/five-takeaways-from-strategic-trends-2026.html

[21] https://www.ey.com/en_mt/insights/geopolitical-outlook-for-2026

[22] https://www.janes.com/defence-intelligence-insights/defence-and-national-security-analysis/global-security-threats-2026

[23] https://www.crisisgroup.org/cmt/global/10-conflicts-watch-2026

[24] https://www.globalsources.com/sourcing-digest/u-s-critical-minerals-strategy-shifts-towards-full-chain-control-and-recycling-by-2026/

[25] https://www.doi.gov/pressreleases/trump-administration-adds-key-mining-projects-fast-41

[26] https://www.economist.com/briefing/2026/02/26/americas-new-era-of-state-sponsored-mining

[27] https://miningdigital.com/news/inside-president-trumps-2bn-us-mining-commitment

[28] https://www.nortonrosefulbright.com/en-419/knowledge/publications/7946414d / us-policy-changes-to-critical-mineral-strategy

[29] https://www.hsfkramer.com/insights/2026-01/the-us-and-eu-approaches-to-critical-minerals-and-its-implications-for-industry-participants

[30] https://www.csis.org/analysis/why-west-keeps-losing-critical-mineral-assets-china

[31] https://thediplomat.com/2026/08/why-the-worlds-hedging-responses-to-chinas-rare-earth-dominance-have-failed/

[32] https://eastasiaforum.org/2026/03/03/chinas-critical-mineral-strategy-beyond-geopolitics/

[33] https://www.certivo.com/blog-details/china-rare-earth-export-controls-2026-what-new-licensing-rules-mean-for-manufacturers

[34] https://carraglobe.com/china-rare-earth-export-controls-2026/

[35] https://africacenter.org/spotlight/china-africa-critical-minerals/

[36] https://www.mining.com/china-sets-new-mining-controls-to-fast-track-strategic-reserve-buildout/

[37] https://www.ifri.org/en/studies/russias-mining-strategy-geopolitical-ambitions-and-industrial-challenges

[38] https://jamestown.org/russia-approves-expanding-rare-earths-mining-and-refining-program/

[39] https://discoveryalert.com.au/russias-arctic-mineral-consolidation-2025-rare-earth-strategy/

[40] http://government.ru/en/docs/57123/

[41] https://commission.europa.eu/topics/competitiveness/green-deal-industrial-plan/european-critical-raw-materials-act_en

[42] https://eeb.org/en/resourceeu/

[43] https://eualive.net/eu-commission-pushes-to-ease-mining-rules-for-strategic-autonomy-in-critical-raw-waterials/

[44] https://voycecommunity.eu/home/f/mining-the-future-eu-green-transition-and-critical-minerals

[45] https://www.oecd.org/en/publications/enhancing-regional-mining-ecosystems-in-the-european-union_97ba1224-en/full-report/multi-level-governance-and-funding-for-mining-in-eu-regions_30ecf623.html

[46] https://www.bruegel.org/policy-brief/competing-inputs-how-european-union-can-improve-critical-raw-materials-supply-security



Mecseki Szivattyús Energiatározó (SZET) Erőmű projekt

Előzmények:

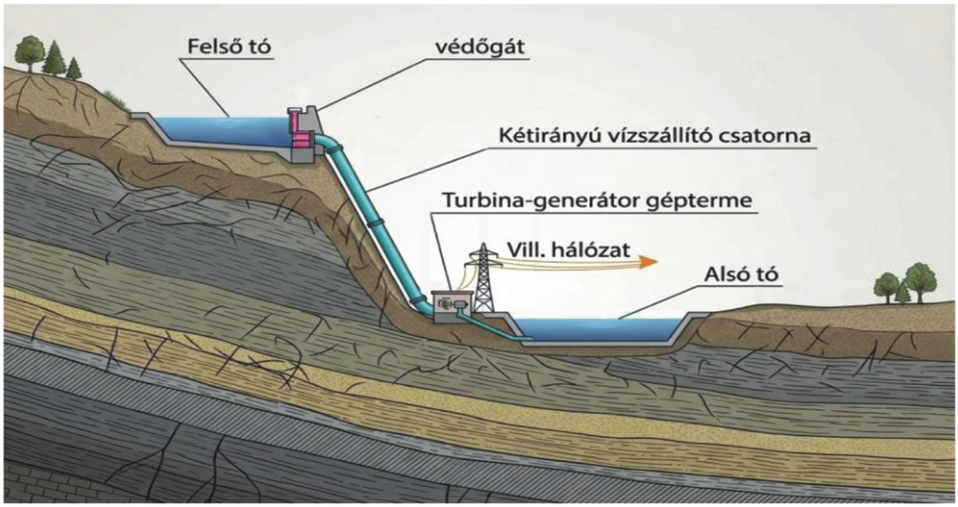
- **2023.05.23.** Energiaügyi Minisztériumi kabinet egyeztetés ➡ az EU direktíváknak megfelelően a nemzeti karbon vagyon hasznosítási kutatások nem támogatott célok, cél a környezetbarát – alternatív energiaforrások és hasznosítások felkutatása, megvalósítása.
- A Mecseki felhagyott, tömedékelt mélyművelési aknák, külszíni bányatavak újra hasznosításának, alternatív lehetőségek kutatása, nemzetközi kísérletek,
- Mecseki aknák műszaki paraméterek rendszerezése ➡ alternatív energia termelési lehetőségek műszaki paramétereinek vizsgálata
- Szivattyús energiatározó rendszerek vizsgálata, illeszthetőség a mélyművelési aknák – külfejtési víztározók hidrológiai paramétereihez.

2025.10.07. Mecseki SZET mérnökiroda Kft. projektcég megalapítása bányászati szakemberek bevonásával, dokumentumok, tervek modellek elökészítése, kapcsolatfelvétel az érintett Önkormányzatokkal (Pécs, Komló, Szászvár)

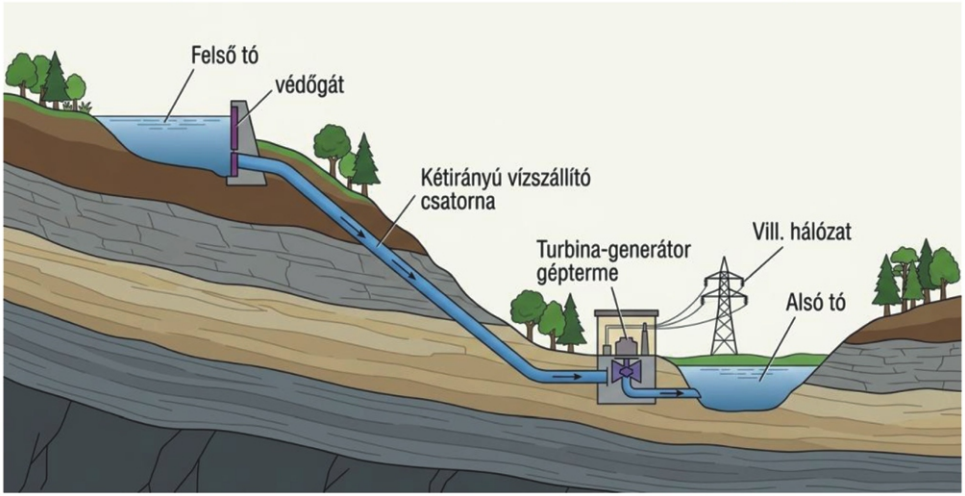


A mecseki kőszénbányászat átnézeti térképe

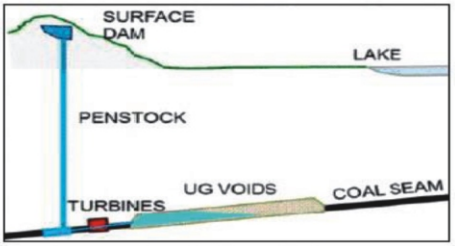
Általános SZET modell, külső kétirányú vízcsatornával



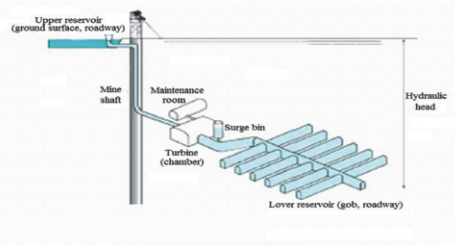
Általános SZET modell, felszín alatti, rejtett kétirányú vízcsatornával



Nemzetközi modellek és sajátosságaik



Ausztrál modell



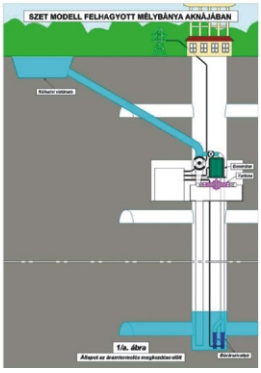
Kínai modell

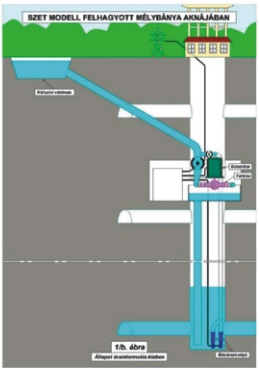
Megvizsgáltuk a jelenlegi felszín alatti nemzetközi SZET modelleket és azok sajátosságait. A leg előrehaladottabb az Ausztrál és a Kínai vonal, mindkét modell közös jellemzője, hogy a jelenleg külszínen is általánosan alkalmazott SZET berendezéseket használják fel, a különbség csupán annyi, hogy az alsó víztározót a bánya mélyszintjén, jellemzően egy nagy térben vagy oldalvágatok felhasználásával van kialakítva. Az alkalmazott mélyművelésű bányászati technológia teszi lehetővé hogy az alsó víztározót egyetlen szinten alakítsák ki egy vagy több vágat felhasználásával.

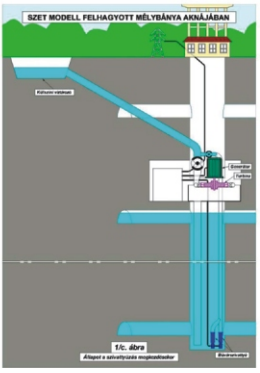
Műszaki számításokra alapozott döntés ⟹ a meglévő aknák közül 6 db alkalmas SZET erőmű telepítésre

Műszaki előkészítés indítása:

1. Műszaki koncepció kidolgozása: alsó szintű víztározás, turbina tér elhelyezése/mélysége, felső víztározó fizikai adottságok meghatározása
2. Fő műszaki paraméterek meghatározása: hidrológiai számítások, vízmennyiség, turbina teljesítmény, szivattyúzás módja, beépítendő berendezések,
3. A mélyművelési aknákra illesztett SZET modell kidolgozása, a működési mechanizmusok kialakítása,
4. A BME Hidrológiai tanszék bevonása az előkészítésbe, számítások ellenőrzése és pozitív visszacsatolás a tervezett rendszer alkalmazhatóságára!
5. Villamos hálózati csatlakozás kérdésének vizsgálata, tervezői és DSO egyeztetés, egyértelműen 132 kV-os közvetlen hálózati csatlakozás.
6. A Mecseki SZET erőmű beruházás költségvetésének előkészítése, berendezések és munkaműveletek költségeinek meghatározása.

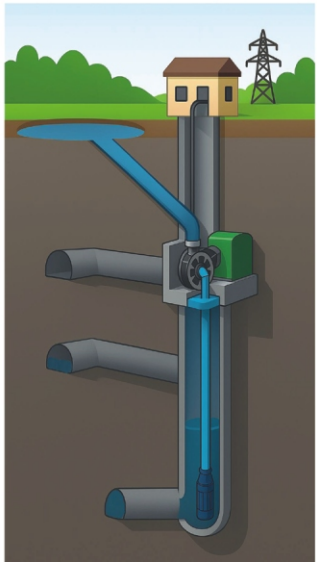






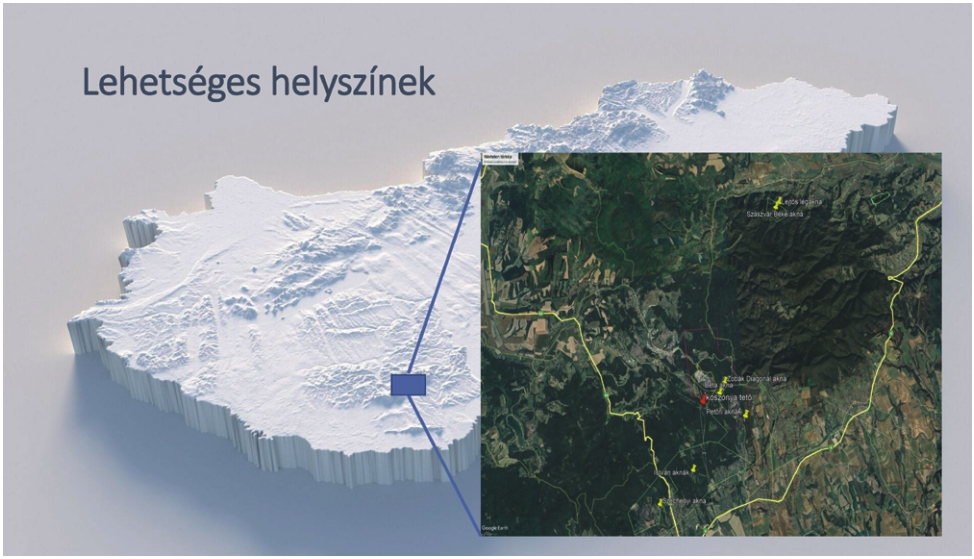
Mecseki SZET erőmű modell fő műszaki paraméterei

- Turbina ház elhelyezése külszíntől mért **~350 m** mélységben
- Turbina-generátor egység **25 MW** villamos teljesítménnyel,
- Szivattyúzás – nagy teljesítményű búvárszivattyúk alkalmazásával,
- Alsó víztározás a turbina tér alatt idomkő falazatú, állékony vágatokban történik
- A befogadó térfogat minimum 300.000 m³, ez **8 óra teljes üzemidőt** tesz lehetővé.
- A külszíni víztározó és a turbinatér összeköttetése ferde vágattal
- A villamos közcélú hálózati csatlakozás saját 132 kV-os termelői kábelen keresztül történik.



Szintenkénti Rakodótér és vágat belső falazata





A projekt főbb paraméterei



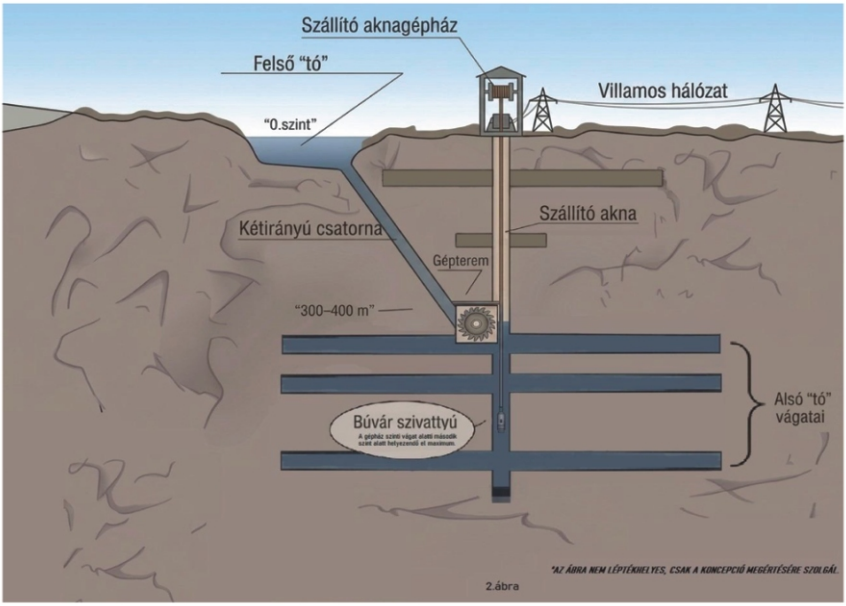
- A tervezett **6 helyszínen** egyenként **25 MW** összesen **150 MW** a beépíthető tárolási teljesítmény, ami 8 órás üzemidővel **1.200 MWh** kapacitást jelent
- A SZET erőmű tervezett üzemideje alap **50 év**, de az élettartama karbantartásokkal kitolható akár **100 évre**
- Egy helyszín beruházási költsége 2025 évi árszinten 21 MrdFt alatti, a teljes erőmű rendszer beruházási költsége **126 MrdFt** alatt.
- Más energia tározó rendszerekkel való összehasonlításhoz a fajlagos kapacitás költsége 126 MrdFt/1200 MWh = **105 MFt/MWh**.

A Mecseki SZET erőmű projekt előnyei

- Már az első egység üzembe helyezését követően azonnal rendszerbe állítható, nem kell megvárni a teljes rendszer kiépítését, mintaprojektként kezelhető.
- Stratégiai előny a **„black start"** indítás, mert a víztározós rendszer nem függ semmilyen külső energia forrástól.
- Tiszta, biztonságos és megbízható energia termelő egységek, a környezeti átalakítás minimális, a külszíni 132/11 kV-os alállomáson kívül minden felszín alatti.
- Közvetlen rendszerirányító vezérelt frekvencia és meddő szabályozás, szinkron generátoros termelés.
- Kiemelkedően nagy energia tárolási kapacitás, **1.200 MWh** kapacitással, ciklusidő kötöttség és teljesítmény degradáció nélkül. A legalacsonyabb fajlagos beruházási költség **105 MFt/MWh**.
- A SZET élettartama legalább **50 év *degradáció nélkül***, amely megfelelő technikai karbantartással **100 évre** is növelhető. (Akkumulátoros tározóknál ez az érték 10-12 év folyamatos degradációval.)
- A külön kialakított turbina üzem és a szivattyúzás megoldja a vízkezelési problémákat.
- Megbízható, bevált technikai megoldások alkalmazása, magas szintű rendelkezésre állás (**96-98%**)
- Környezetbarát energia termelés, nincs széndioxid kibocsátás, a beruházás minimális környezeti átalakítással jár, a külszíni tározó kialakítása a jelenlegi bányatelkeken belül történik.
- Gazdaságos és rendkívül hatékony energia termelő egység (Hatásfok **η=80%** felett).



Mecseki SZET erőmű modell



2.ábra

A projekt fejlesztés további lépései

1. A projekt előterjesztése a Gazdasági és Energiaügyi Minisztériumi felé, javaslat minta projekt kiválasztására, támogatására és a javasolt helyszínre Részletes Megvalósíthatósági Tanulmány (RMT) készítésére (folyamatban!!)
2. Az RMT műszaki tartalmának részeként szakértői vizsgálatok előkészítése, tervezése:
   - Engedélyeztetési folyamatok tervezése, a követelmények tisztázása a Hatóságokkal (MMBH, Bányakapitányság, Környezetvédelem, Katasztrófavédelem,..)
   - Az engedélyeztetéshez és a kivitelezéshez kapcsolódó kockázatok felmérése, kezelése
   - Geológiai vizsgálatok előkészítése, a meglévő geológiai tervek frissítése
   - Hidrológiai vizsgálat, próbafúrások, vízminta elemzések,
   - A meglévő bányászati létesítmények felülvizsgálata, statikai és építészeti vizsgálatok előkészítése
   - A kivitelezés előkészítési munkafolyamatok tervezése, ajánlatok – külszíni létesítményekre és aknatisztításra,
   - A külszíni víztározó kialakításának előkészítése
3. A mintaprojekt kivitelezés költségvetésének előkészítése, a beépítendő berendezésekre ajánlatok bekérése, munkafolyamatok részletes tervezése.
4. Kivitelezési ütemterv készítése



A GEOFIZIKA SZEREPE AZ ALAGÚTTERVEZÉSBEN

Törös Endre, Prónay Zsolt, Neducza Boriszláv, Tildy Péter
geofizikus mérnök

ABSTRACT

Az alagútépítés sikere alapvetően függ attól, hogy a tervezés mennyire pontosan képes feltárni a felszín alatti tér geológiai felépítését, szerkezeti viszonyait és a kőzettömeg várható viselkedését. A fúrások és más közvetlen feltárások részletes, de szükségképpen pontszerű információt adnak; míg a geofizikai mérések e pontok között folytonosabb képet rajzolnak ki. Ezért a geofizika nem a geológiai és geotechnikai vizsgálatok helyettesítője, hanem azok térbeli kiterjesztésének, célzottabbá tételének és ellenőrzésének eszköze. Megfelelően megválasztott módszerekkel már a nyomvonal kijelölésétől kezdve csökkenthető a földtani bizonytalanság, optimalizálható a feltárási program, és megbízhatóbb alap teremthető a műszaki és gazdasági döntésekhez. Az előadásban a szerző az egykori Eötvös Loránd Geofizikai Intézet (ELGI), majd a jelenleg is működő MinGeo Kft. keretében végzett kutatások eredményeit szemléltetve mutatja be a geofizika szerepét az alagúttervezésben.

Nyomvonalválasztás és földtani kockázatok

A geofizikai kutatás első fontos feladata az eltérő nyomvonalváltozatok összehasonlítása, valamint a kedvezőtlen zónák - például törések, fellazult vagy vízvezető kőzettestek, laza üledékek és az alapkőzet mélyedései - felismerése. A budapesti 4-es metró Duna alatti szakaszán végzett szeizmikus vizsgálatok pontosították a folyó alatti rétegsort és a kőzetfelszín helyzetét. Az eredmények hozzájárultak a pajzsos alagúthajtás számára kedvezőbb zóna kijelöléséhez, a megfelelő vízvédelmi pillér meghatározásához és végül a nyomvonal módosításához. A stockholmi Förbifart projekt példája pedig azt mutatja, hogy nagy léptékű infrastruktúráknál a geofizika a híd- és alagútváltozatok kockázatainak értékelésében is szerepet kaphat. A vízfelszínen végzett szeizmikus reflexiós és szonárvizsgálatokkal a vizsgált nyomvonal mentén meghatározható az üledékek vastagsága, az alapkőzet felszíne és minősége, továbbá előre jelezhetők az alagúthajtást érintő törészónák, esetleges vízbetöréssel kapcsolatos veszélyek, amelyek ismeretében optimalizálható az alagút tervezett nyomvonala.

Kőzetparaméterek és a geotechnikai modell

A második feladatkör az alagúthajtás kőzetanyagának és -tömegének a kőzetmechanikai jellemzése, a mért geofizikai és a geotechnikai paraméterek összehasonlítása révén. Mivel elsősorban mechanikai paraméterek meghatározásáról van szó, erre leginkább a különböző típusú szeizmikus hullámok terjedésének vizsgálatán alapuló módszerek alkalmazhatók. Fúrólyukak közötti szeizmikus tomográfiával a mérési térben kialakítható a P- és S-hullámsebességek eloszlása, amely érzékeny a mállottságra, a repedezettségre, a tömörségre és a víztartalomra. Az üveghutai gránitbeli vizsgálatoknál a szeizmikus sebességtérképet a fúrómagok, a

lyukkamera-felvételek és a geotechnikai adatok együttes értékelésével lehetett értelmezni. A Lánchíd pesti hídfőjénél végzett vizsgálat pedig arra adott példát, hogy geofizikai módszerekkel egy összetett, többféle téglából, kőfalazatból és különböző korú betonból álló szerkezet belső anyagváltozásai, mechanikai jellemzői is feltérképezhetők.

A geofizikai mennyiségek és a tervezésben alkalmazott geotechnikai jellemzők között azonban nincs minden helyzetben egyszerű, általános érvényű kapcsolat. A hullámsebességekből számított rugalmas paraméterek, illetve az RQD-, RMR- vagy Q-osztályozással keresett összefüggések csak helyszíni kalibráció és megfelelő földtani értelmezés mellett használhatók felelősen. Ha a szeizmikus átvilágítás eredményeit tengelyfúrásokkal, fúrómagvizsgálatokkal, vízföldtani tesztekkel és a vágathajtás során készülő geológiai dokumentációval szembesítjük, akkor a mérési eredmények alapján előre jelezhetők az eltérő fejtésbiztosítási kategóriák és a mechanikailag gyengébb szakaszok. A P- és S-hullámsebesség, valamint arányuk a kőzetmátrix állapotáról és a víztartalom térbeli változásáról is információt szolgáltathat.

Meglévő alagutak vizsgálata

A geofizika szerepe nem ér véget az alagút megépítésével. A fenntartás során különösen fontos az alagút körüli kőzetköpenyben végbement változások roncsolásmentes megfigyelése. Ennek egyik legfontosabb eszköze a földradar, amely az anyag tulajdonságaitól függően mintegy 2,5 m mélységig, nagy felbontással jelezheti a betonfalazat vastagságának változását, az üregeket, a munkahézagokat, az anyaghiányos és vizesedő zónákat, valamint segítheti az injektálási munkák megtervezését és ellenőrzését. A radaros és szeizmikus-akusztikus szelvényezések együttes alkalmazása különösen hatékony: míg a radar elsősorban az elektromágneses tulajdonságok és a nedvesség változásaira érzékeny, a szeizmikus mérés a mechanikailag gyengült térrészek felismerésében ad fontos többletinformációt. A pilisvörösvári vasúti alagút felújítását megelőző vizsgálatok jól szemléltetik ezt a kiegészítő szerepet.

Következtetések

A geofizikai vizsgálatok roncsolásmentesek, azaz nem szükséges a vizsgált összletet megbontani a kutatás végrehajtásához. Az alagúttervezésben alkalmazott geofizika legnagyobb értéke így abban áll, hogy a roncsolásos, pontszerű feltárási eredményeket kapcsolja össze a roncsolásmentesen végzett vizsgálatokkal, amellyel lehetővé válik egy egységes, térbeli földtani és geotechnikai modell kialakítása. Ezáltal csökkenti a váratlan földtani helyzetek kockázatát, támogatja a nyomvonal és a kivitelezési technológia megválasztását, valamint megalapozza a fenntartási beavatkozásokat.

A megbízható értelmezés feltétele ugyanakkor a több módszerből származó adatok integrálása, a helyszínspecifikus kalibráció és az eredmények folyamatos ellenőrzése a feltárás, majd a kivitelezés során. A geofizika így nem önálló döntéshozó eszköz, hanem a földtani, geotechnikai és szerkezetépítési szakterületek közötti kapcsolat egyik leghatékonyabb megteremtője.

FORGÓ DARU TELEPÍTÉSE A PANNON HŐERŐMŰBEN

Hell István szerviz-és telepvezető, Euro Gumi Kereskedő Kft.

ABSTRACT

Hogyan lehet eljutni egy szállító szalag rendszer ötletétől egy forgó daru telepítéséig? Hogyan lehet abba az irányba terelni a beszélgetést ami más műszaki tartalmat foglal magában, mégis a megrendelő biztonságban érzi magát? Miért nem ragaszkodunk az eredeti elképzeléshez, és miért tartjuk legfontosabb célunknak a megfelelő technikai megoldások megtalálását szemben a megálmodott technológiák elvakult megvalósításával? Milyen buktatókat, megoldandó feladatokat hordoz magában egy 60 éves üzem területén végzendő munkafolyamat? Ülj be az előadásomra és minden kérdésre választ kaphatsz!

BEMUTATKOZÓ ELŐADÁS

KAUFMANN MINERALS & PROCESSING KFT.

Kaufmann Ákos ügyvezető

Az előadás célja egy új, a hazai bányászati szereplőket kopóalkatrészekkel kiszolgáló cég bemutatása. Az előadásban a termékek bemutatásán kívül kitérünk a fenntartható acélgyártásra is, illetve esettanulmányokat mutatunk be.

BEMUTATKOZÓ ELŐADÁS

WELDINGTECH Hegesztéstechnikai Kft.

Losonczi György gépészmérnök





Mit csinálunk valójában?

Ami a cégeknek probléma, az a WELDINGTECH-nél megoldásra talál.

A PROBLÉMA	A WELDINGTECH MEGOLDÁSA
Törött alkatrész	Hegesztés + megmunkálás
Kopott furat	Felhegesztés + vonalfúrás
Elkopott tengely (csapágyhely)	Felújítás / fémszórás / megmunkálás
Nincs pótalkatrész	Újragyártás
Régi alkatrészről nincs rajz	3D mérés / digitalizálás
Nagy értékű gépegység	Helyszíni vagy műhelyben történő javítás

3

WELDINGTECH – röviden

A WELDINGTECH Hegesztéstechnikai Kft. 2023. szeptemberében alakult, a G.I.T.A. 3 Kft. és az RMS Kft. leányvállalataként. A fő szolgáltatásunk a nagy méretű, kopott és törött alkatrészek felújítása vagy újragyártása. Segítünk elkerülni a termeléskiesést, a határidős csúszást és a minőségi reklamációkat.

Modern CNC gépparkkal, ISO 9001 minőségbiztosítással és rugalmas gyártókapacitással támogatjuk partnereinket.



- Hegesztés
- Forgácsolás (cnc esztergálás, cnc marás)
- Kopott alkatrészek felújítása
- Vonalfúrás
- Fémszórás
- Egyedi alkatrészgyártás, szériagyártás

4

A meghibásodás valódi ára

Nem csak az alkatrész kerül pénzbe.



- Alkatrész ára
- Szállítás és beszerzés (idő)
- Szerelési idő
- Gépleállás
- Termeléskiesés
- Határidő és logisztika

5

A meghibásodás valódi ára

Nem csak az alkatrész kerül pénzbe.

Tétel	Idő	Költség – példa
Hiba felismerése	0,5 óra	–
Szerelő/karbantartó kiérkezése	1,0 óra	20 000 Ft
Hibafeltárás, mérés	1,5 óra	30 000 Ft
Alkatrész kiszerelése	3 óra	60 000 Ft
Szállítás műhelybe	2 óra	40 000 Ft
Javítás, felhegesztés	4 óra	80 000 Ft
Megmunkálás	5 óra	100 000 Ft
Ellenőrzés	1 óra	20 000 Ft
Visszaszállítás + szerelés	4 óra	80 000 Ft
Közvetlen javítási költség	22 óra	≈430 000 Ft

6

A meghibásodás valódi ára

Mi történik, ha alkatrészt rendelünk?

Tegyük fel:
javítható: 22 óra
új alkatrész rendelése: 3–5 munkanap

Vegyünk példának **4 munkanapot × 24 óra = 96 óra** állásidőt.

25 000 Ft/óra kieséssel:
96 × 25 000 = 2 400 000 Ft

Ha ehhez hozzájön például egy **800 000 Ft-os új alkatrész**, akkor:
Új alkatrész + gépállás
800 000 + 2 400 000 = 3 200 000 Ft

szemben:
Javítás
≈430 000 Ft javítás + 550 000 Ft kiesés = ≈980 000 Ft

7

A meghibásodás valódi ára

Új rendelés – Javítás összehasonlítás

Megnevezés	Új rendelés	Javítás
Alkatrész	800 000 Ft	–
Javítás	–	430 000 Ft
Állásidő	2 400 000 Ft	550 000 Ft
Összesen	3 200 000 Ft	980 000 Ft
Különbség		≈2 220 000 Ft

8

A meghibásodás valódi ára

Nem csak az alkatrész kerül pénzbe.

Mennyibe kerül Önöknél egy óra?”

10 000 Ft/óra
22 óra → **220 000 Ft**

25 000 Ft/óra
22 óra → **550 000 Ft**

50 000 Ft/óra
22 óra → **1 100 000 Ft**

9

Egy alkatrész útja a hibától a visszaszerelésig

01 HIBA → 02 FELMÉRÉS → 03 JAVÍTÁSI TERV → 04 JAVÍTÁS → 05 MEGMUNKÁLÁS → 06 ELLENŐRZÉS → 07 VISSZA A GÉPBE

10

Kopott tengelyvég, csapágyhely - Fémszórás

Javítás vagy új alkatrész beszerzése?






11

Kopott tengely, csapágyhely – Hegesztés, megmunkálás

Javítás vagy új alkatrész beszerzése?






12

Bokodi Erőmű újraindítása – Sigma szivattyú

Javítás vagy új alkatrész beszerzése?







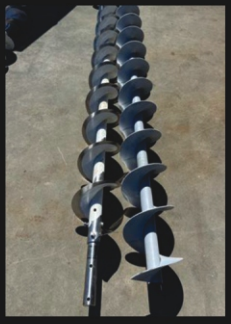
13

Csigatengely gyártás

Javítás vagy új alkatrész beszerzése?









14

SAF - híd javítás

Javítás vagy új alkatrész beszerzése?






15

Amikor a furat már nem ott van, ahol lennie kellene.

Felhegesztés + vonalfúrás = helyreállított geometria.




Kopott furat

Felhegesztés - persely

Vonalfúrás

Mérethelyes furat

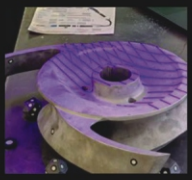
Ellenőrzés

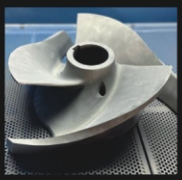
16

Nincs rajz? Nem feltétlenül probléma.

Az alkatrészből is kiindulhatunk.

ALKATRÉSZ (RÉGI-ÚJ) → 3D MÉRÉS - DIGITALIZÁLÁS → PONTFELHŐ /MODEL → JAVÍTOTT / ÚJ ALKATRÉSZ

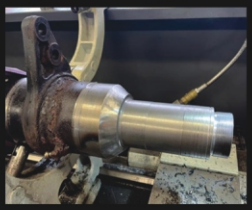


17

Példa munkák javításra





18

JÖVŐKÉP PROJEKT : ÚJ TELEPHELY 2028 Q1



19

„A legdrágább javítás, gyakran nem a javítás. Hanem az az idő, amíg a gép áll.”

WELDINGTECH Hegesztéstechnikai Kft.

VIVÁT SZÉLENERGIA! VAGY MÉGSEM FOKOZZA SZUVERENITÁSUNKAT?

Livo László okl. bányamérnök, geotermikus szakmérnök,
c. egyetemi docens, ügyvezető MARKETINFO Kft.

ABSTRACT

Egy milliárd Euró szélerőművekre. Súlyos az örökség, hiszen lefogyott erőműparkunk növekvő áram igényünket egyre kevésbé tudja kiszolgálni. Sok az új ötlet, ám ebből az energetikánk stratégiailag kimarad. A józan ész javasolta hazai energiakincsünk megismerése és figyelembe vétele helyett a gyors pénz vágy uralkodik. A lobby szervezetek „támadásba" lendültek.

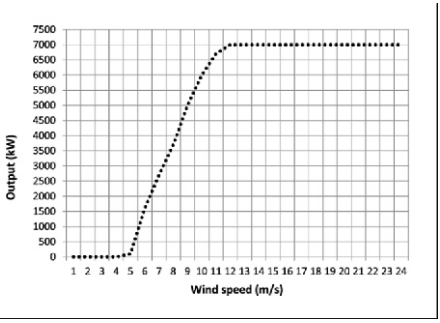
Hiszen a Társadalom alapja a saját energia hordozók megfelelő mértékű használata. A lobbyzás korán sem ezért folyik. Pedig a hazai forrás nem apad el. Pluszként nemzeti vagyont növelő gazdasági eredményt hoz. Ez a hozzáadott érték bónuszként az energiát és ásványi kincseinket termelő iparunkban dolgozók számára fontosság-, hasznosság érzést ad. Tehát szívvel lélekkel, magas szakmai tudással -és nem kiemelkedő bérezésért- végzik nehéz munkájukat. Akár éjjel-nappal is. Jutalomként saját lakóhelyük közelében dolgozhatnak.

E rövid bevezető után vizsgáljuk meg fizikai-, földrajzi és technológiai alapon tengerparti szelekkel nem rendelkező Magyarországunk 200 méteres magasságban létező lehetőségét, amit az 1. sz. ábra mutat be.



Forrás: Energydata.info

1. sz. ábra
Magyarország széltérképe 200 m magasságban is nagyon kevés magas szélsebességű helyet mutat.



Forrás:Vestas

2. sz. ábra
7,2 MW névleges teljesítményű szélturbina szélsebesség, teljesítmény diagramja

Ugyanis ebben a magasságban a szélerősség nem annyira változó mint a talaj közelében. Ám szó sincs arról, hogy állandóan fújna. Maximálisan 2300 szeles órával számolhatunk éves szinten. Viszont a villany 8760 óra minden másodpercében szükséges. Így szélerőművecskéink kihasználtsága éves szinten 26% lehet. Viszont például Dániában 40% földrajzi adottságánál fogva.

Ha most arra vagyunk kíváncsiak, hogy mit tud egy német vagy dán (2. sz. ábra) cég által gyártott Gamesa, Nordex, Vestas 200 méteres széltorony akkor a katalógus adat 3,5-7,2 MW névleges teljesítményről szól, melynek hatásfoka elméletileg 60%-ot közelíthet. Ám a gyakorlat ezeknél a kiváló típusoknál 30-35% közé esik. Kiszámíthatjuk tehát egy széltorony valódi teljesítményének alakulását a következő fizikai képlettel:

$$P = 0{,}5 \cdot \rho_l \cdot A \cdot v^3 \cdot \eta$$

ahol

ρ_l a levegő sűrűsége

A a három lapát által súrolt felület

v pedig az adott helyen (1. sz. ábra) uralkodó maximális szélsebesség

η a gép hatásfoka

Az eredményünk 2,6 MW-ra adódik. A termelt villamos energia éves szinten 6 GWh/év.

Ha most a Gazdasági és Energetikai Minisztérium által bejelentett, építeni kívánt 550 MW névleges kapacitást vesszük alapul, akkor az előbbi adatokkal számolva mindössze 456 GWh/év villamos energia származhat az új szélerőművektől. Hasonlítsuk össze ezt egy 550 MW-os 36% hatásfokú hazai lignitünket 8000 üzemórán át égető erőművi termeléssel. Akkor 9,7-szeres áram mennyiséget (4400 GWh/év) kapunk eredményül. (Ami éves fogyasztásunk közel 10%-a.) Ráadásként az 1 milliárd Euróból amit a szélerőművecskéinkre szánunk egy ilyen blokk megépítése ki is telne…

Amiről eddig ritkán beszéltünk az a szélvillany technológia anyag és hely igénye. Lássuk ezt is.

Ha tehát építünk egy 200 m rotor magasságú 7,2 MW névleges teljesítményű szél turbinát akkor szükségünk van 44 tonna kompozit anyagra a lapátokhoz, 18 tonna rézre, 2 tonna alumíniumra, 110 tonna öntöttvasra, 424 tonna acélra és 2625 tonna betonra a fő egységek gyártásához és helyszíni telepítéséhez. A teljesítmény elektronika és a transzformátor anyag igénye eltörpül a 3223 tonnás összes tömeg mellett.



3. sz. ábra
Holland szélpark látképe a gondolából



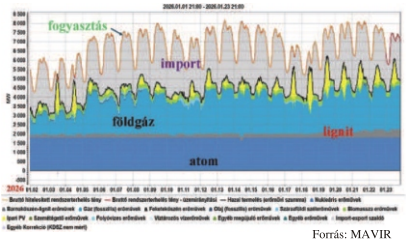
4. sz, ábra
A széltorony alapozás különleges, biztonsági feladat.

Értsük jól: ez egyetlen, nálunk max. 2,6 MW-ot tudó berendezés össztömege alapozással stb. együtt! S nézzük most a hely igényt. Ami abból számítható ki, hogy egymástól milyen távolságra nem zavarják egymást a gépek. Általában 7-800 m a tökéletes távolság arra, hogy a szél okozta lapát forgásukkal a levegő áramlási irányát változtatva a közelben lévő széltornyok ezt a változást ne érezzék. Ám hazánkban az alacsony valós teljesítmény miatt a 400 m elfogadott. Mintegy 1-2%-os egymásra hatást okoz két gép közt. Ez azt jelenti azonban, hogy egy-egy gép helyfoglalása 4 hektár lesz. A célul kitűzött 550 MW helyigénye tehát kicsit több, mint 306 hektár.

A grandiózus szél tervünknek itt nincs vége. Ugyanis a Minisztérium elképzelése szerint 4000 MegaWatt szélerőműre van szükségünk.

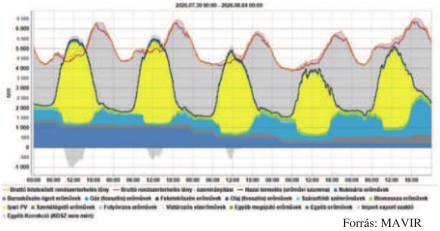
Megvizsgálhatjuk, hogy mit hoz hazánk számára az EU által erőszakolt zöld átállás, akkor érdemes egy gondolat kísérletet végeznünk. Ehhez természetesen a pillanatnyi villamos energia stratégiánk eredményét kell összevetnünk a napokban megcélzott változtatással, ami röviden szólva éves szinten csaknem kétszeresére növeli a zöld villany termelést. Már ha a Napunk így akarja. Hiszen a szél is a Nap ajándéka, ahogyan a víz körforgása és a biomassza (benne természetes élelmiszereink) is. Napunk energia szolgáltatása évről-évre különböző, még ha ez az átlagtól való eltérés általában nem túl magas, akár pozitív akár negatív irányban.

Ám ahogyan népi mondásunk tartja „az ördög a részletekben rejtőzik”. Nézzük meg tehát a fizika alapján számított nem lényegtelen tényeket is. Azért tehetjük ezt, mert a fizika a számtan segítségével a (lehetséges) JÖVŐT mutatja meg.



Forrás: MAVIR

5. sz. ábra
A téli napenergia termelés az energia tárolók számára üresjárás lesz…



Forrás: MAVIR

6. sz. ábra
Nyáron negatív áron eladható többlet és hűtővíz hiány keletkezhet.

A mai meleg nyárban lehetőségeink igencsak szűkösek, mint a 6. sz. ábra mutatja. Napi villany importunk akár a 65%-ot is meghaladhatja, ami az önmagában is ijesztő átlagáron számítva akár 40-60 millió Euro államadósság növekedést hozhat egyetlen 24 óra alatt. A geopolitikai befolyásolhatósági kitettségen túl. Hiszen ilyenkor az import másnak is szükséges…

A hivatalos statisztika szerint 2025-ben 48,338 TeraWattóra villamos energiát fogyasztottunk el. Amiből társadalmi összefogással csupán mindössze 35,616 TWh-t állítottunk elő. A többi importból érkezett. Erre kiszámított igényünk tehát 26,32% volt.

Kíváncsiságunk tárgya az, hogy „új” zöld stratégiánkkal amit „Nap Szél Atom” szlogennel jellemezhetnénk, le tudunk-e menni 20% alá? A kérdés pontos megválaszolását nehezíti, hogy a Természet pillanatnyi hatásait csupán visszamenőleg tudjuk figyelembe venni. Ám egy statisztikai átlagot képezve jó közelítéssel számíthatunk egy határ intervallumot, ahová import kitettségünk értéke várhatóan bele esik majd.

Országhatárainkon belül található energia hordozóink használatával **1. sz. táblázat**

Erőmű technológia	Hasznos teljesítmény 2026 [MW]	Villamos energia 2026 [TWh]	Hasznos teljesítmény 2030 [MW]	Villamos energia 2030 [TWh]	Terület igény [ha]	Beruházás költsége [Milliárd Ft/ 500 MW]
Atom	2000	17,52	2000	17,52	240	2000
Lignit	700	5,60	700	5,60	244	500
Földgáz	1572	11,79	1572	11,79	23	250
Nap	1720	3,61	2400	5,04	150*	165
Szél	83,6	0,19	989	2,27	114**	265
Egyéb	~500	4,0	~500	4,0	n.a.	n.a.
Összesen	6575,6	~42,71	8161	46,22	–	–
Akkumulátor	~1085	0,0017	2250	0,0051	0,12***	105
Import	–	5,65	–	13,78	–	–
Kitettség	–	12%	–	23%		–

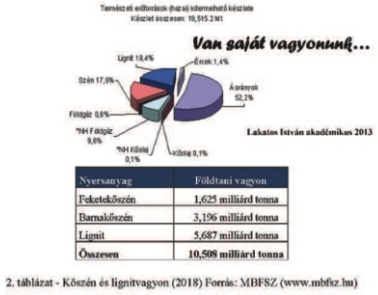
* ha / 20 MW
** ha / 25 MW
*** ha / 100 MW

A számításhoz hívjuk segítségül az 1. sz. táblázatot, mert tartalma gondolat kísérletünk feltételein alapszik. Melyek összehasonlítható eredményeket adnak. Legfontosabb feltételünk, hogy az áramot adó berendezések teljes éves üzemidejük alatt hiba nélkül folyamatosan termelnek. Így karbantartásra nincs szükség. A Természet pedig abban segít bennünket, hogy a zöld technológia maximális hatásfokkal üzemelhet, hiszen felhőtlen ég és folyamatos napsütés mellett állandóan fúj a maximális intenzitású szél. Mindez pedig az éves 2100 átlagos napos órát, illetve a 2300 maximális sebességű szeles órát eredményezi. Fontos feltétel még, hogy a nap és a szél esetében nem a beépített teljesítményt, hanem a hatásfok által meghatározott hasznos teljesítményt kell figyelembe vennünk. Hiszen a fosszilis és atom áram termelők esetében is ezzel számolunk.

Példaként álljon itt, hogy egy 250 MW hasznos teljesítményű földgáz turbina 40%-os hatásfoka azt jelenti, hogy óránként 625 MWh földgáz energiát igényel, ami hőértéken 2250 GigaJoule. Vagyis 63560 m^3 földgázt éget egy óra alatt.

Az is feltűnhet kérdésként, hogy az akkumulátor sorban írt számérték mennyi időre elegendő villamos áramot takar. Ha figyelembe vesszük áram fogyasztásunk napi átlagát akkor 2025-ben 132 GWh-t kapunk. Ha pedig ezt 20 lábas tengeri konténerekbe szerelt 2,5 MW/5 MWh kapacitású LiFePo akkumulátorokból építjük fel, akkor a 26400 db konténer ~79 hektáron férhet el, kettő órányi villamos áramot biztosítva. Tehát 24 órás kimaradás esetén 12-szer ennyi akkumulátorra, és területre van szükség.

Ha tovább böngésszük a táblázatot, megkaphatjuk a napelemekkel már elfoglalt és a széltornyokkal elfoglalni tervezett területeink méretét is. A közüzemi naperőművek 90000 ha, a tervezett és meglévő szél erőmű parkok 19608 hektárt foglalnak majd el. Így 2030-ban az összes hely amin mező- és erdőgazdasági termelés nem folytatható kishíján 110 négyzetkilométer lehet. S mindez 2025-höz képest növekvő áram import igény mellett történik majd.



Nyersanyag	Földtani vagyon
Feketeköszén	1,625 milliárd tonna
Barnaköszén	3,196 milliárd tonna
Lignit	5,687 milliárd tonna
Összesen	10,508 milliárd tonna

2. táblázat - Köszén és lignitvagyon (2018) Forrás: MBFSZ (www.mbfsz.hu)

7. sz. ábra
Van mihez nyúlnunk az import függőség csökkentéséhez



8. sz. ábra
Szénféleségeink lelőhelyei hazánkban

Ha viszont 1200 millió tonnányi Visontán és Bükkábrányban lévő lignitünkre alapozunk, akkor 25 esztendő távlatában 4000 MW-nyi erőművet 8 db 500 MW-os új blokkból 4000 milliárd Forintból megépítve csupán 14 négyzetkilométert elfoglalva áram import igényünk 2030-ra gyakorlatilag nullára csökkenhetne…

Végül táblázatunk arra is jó, hogy levonhassuk az eltelt 20 esztendő zöld áram gyakorlatának tapasztalatát. A biztonságos villamos áram ellátásról a fizika azt mondja számunkra, hogy kell lennie alap erőműveknek. Ezek folyamatosan azonos mennyiségű áramot termelnek az év napjainak minden másodpercében, azaz 8760 órán át. A rájuk épülő zsinór termelők is folyamatosan, de önműködő szabályozással biztosítják a terhelés (fogyasztás) pillanatnyi értéke miatt változó 50 Hertzes frekvencia állandóságát. Így oszlik meg az áramtermelési feladat az atom, szén, földgáz üzemű erőművek között.

A vízi-, nap-, szél „erőművek” is jelentős lehetőséget tartogatnak. Azonban a közüzemi ellátásban alkalmazásuk nem szerencsés. Az „Ő” helyük ott van, ahol termelésüket azonnal el tudja használni a 4,3 millió otthon és/vagy a saját erőművét létre hozó vállalkozás. Ők ugyanis az így stabilan működő és folyamatosan rendelkezésre álló közüzemi hálózatról akkor vételeznek, ha saját akkumulátoraikban tárolt tartalékuk már elfogyott.

Legvégül meg kell említeni, hogy a biomasszát, szemetet, biogázt égető és geotermikus energiát, vízi energiát használó erőművek jelentősége csekély kapacitásuk miatt csak alárendelt ám értékükön megbecsülendő lehet hazánkban is. S ha a fizika tanítását komolyan vesszük és alkalmazzuk is, akkor Magyarországunk energetikája nemcsak biztonságos, hanem egyenszilárdságú és szuverén lesz.

Mindezt pedig saját energiahordozóink tehetik folyamatosan lehetővé. Úgymint: Uránunk, lignitünk, szeneink, földgázunk, vizeink, biomasszánk, meg-megújuló szemetünk, Napenergiánk, csekélyke szelünk. Mindegyik a maga helyén és mértékén…

(nem elvetendő részletek a www.energiaakademia.lapunk.hu honlapon)

A KONFERENCIA RÉSZTVEVŐI

Ács-Varga Kft.
8060 Mór, Érmellék u. 11.
Tel: 06-20/2860070
Ács Attila
Ács József

Bakonyi Bányász Hagyományőrző Alapítvány
8400 Ajka, hrsz.: 1961 Gyártelep
Tel.:06- 30/3639349
Horváth Károly
Rácz Gyula

Bányavagyon-Hasznosító Nonprofit Közhasznú Kft.
1126 Budapest, Tartsai Vilmos utca 3.
Tel.:06-1/201-0611
Fax.06-1/201-4516
Farkas Péter
Tóth Zoltán

Bányászat-Ipar-Technika Kft.
2800 Tatabánya, Vértanuk tere 8/A.
Tel.:06-34/302-342
Fax.06-34/302-342
Labudek Csaba

Bosch Rexroth Kft.
1103 Budapest, Gyömrői út 104.
Tel.:06-1/422-3200
Fax:06-1/422-3201
Hermán Lajos

ContiTech Rubber Industrial Kft.
6728 Szeged, Budapesti u. 10.
Tel: 06-1/401-0712
Fax:06-1/401-0713
Ferencz Attila

Dolomit 2002 Kft.
8044 Kincsesbánya, Pf.7.
Tel.:06-22/584-017
Fax:06-22/584-017
Sepsi Krisztián
Simicska Gréta
Simicska József
Sindler Szabina

Euro Gumi Kereskedő Kft.
2045 Törökbálint, Torbágy út 13.
Tel.:06-46/555-399
Fax:06-46/433-113
Hell István
Katona Gergely
Katona János
Pálfi Tibor
Végh József

Geo-Faber Zrt.
7621 Pécs, Jókai u.21.
Babati János
Németh Tibor
Weisz Róbert

G.I.T.A.3 Kft.
2440 Százhalombatta, Gépész u. 10.
Tel.:06-1/270-2310
Glevitzky Ádám
Konrád László
Horváth Máté

Gravitas Kft.
2094 Nagykovácsi, Kossuth L.u. 37.
Tel.:06-26/555-020
Abonyi Ottó
Szilvássy Zsolt

Három Mihalecz Kft.
8800 Nagykanizsa, Nagyváthy u. 3.
Tel./fax:+36-20/965-3706
Mihalecz József

Kaufmann minerals & processing Kft.
7633 Pécs, Péchy Blanka tér 6. 6.em. 24 a.
Tel./fax:+36-20/284-8265
Kaufmann Ákos

KEVEWELD Kft.
5420 Túrkeve, Kinizsi u.49.
Tel./fax:06-56/362-849
Takács András

Magyar Bányászati Szövetség
1054 Budapest, Báthory u. 7. I. em. 7.
Tel.:06-1/269-0340
Zelei Gábor

MARKETINFO Kft.
3100 Salgótarján, Pf. 304.
Tel.:06-32/ 420-372
Fax:06-32/420-372
Danyi Annamária
Király János
Király Jánosné
Livo László

Mecseki SZET Mérnökiroda Kft.
7629 Pécs, Komját Aladár utca 2.
Tel.:06-1/459-3170
Nagy László
Pákozdi Zoltán
Verbőci Zsófia

METAL-CARBON Kft.
1097 Budapest, Gubacsi út 8/A
Tel.:06-1/459-3170
Dr. Szirtes László
Szirtes Zoltán
ifj.Szirtes Zoltán

Miskolci Egyetem
3515 Miskolc, Egyetemváros
Tel: 06-46/565-111
Dr. Debreczeni Ákos
Dr. Földessy János
Dr. Miklós Rita
Dr. Virág Zoltán

MVM Mátra Energia Zrt.
3271 Visonta, Erőmű utca 11.
Tel.: 06-37/334-000
Juhász Gábor
Kassai Ákos
Simon Csaba
Simonyák Zoltán

MVM Mátra Gép Kft.
3271 Visonta, Erőmű utca 11.
Tel.: 06-37/334-738
Lengyel Tibor
Majoros Ottó

Nitrokémia Zrt.
8184 Balatonfűzfő, Munkás tér 2.
Árgyelán József Tibor

Petrozsényi Egyetem-Románia
332006 Petrosani, Universiatii str., 20
jud. Hunedoara
Tel: +40722262067
Fax:+40254543995
Dr. Dósa János

SbRbVA Kft.
2855 Bokod, Jókai Mór utca 14.
Tel:06-70/394-5919
Kerepeczki Egon

Strabag BMTi Kft.
1117 Budapest, Gábor Dénes utca 2
Infopark D épület
Tel.:06-1/358-5000
Tímár Gergely

Szabályozott Tevékenységek Felügyeleti Hatósága
1123 Budapest, Alkotás utca 50.
Tel.:06-1/550-2500
Falus György
Dr. Káldi Zoltán

Taurus Techno Kft.
1173 Budapest, Pesti út 8-12.
Tel.:06-1/253-5036
Fax:06-1/253-5030
Berkó István
Óvári Szabolcs

THIELE GmbH & Co. KG
D-58640 Iserlohn, Werkstrasse 3.
Tel.:49-23719470
Michael Lebek

Viacon Hungary Kft.
2051 Biatorbágy, Budai út 12.
Tel.:+36-20/468-9003
Kárpáti László

WSPS Kft.
8096 Sukoró, Forrás utca 4.
Tel..+36-70/432-2678
Kis Péter

WELDINGTECH Hegesztéstechnikai Kft.
2900 Komárom, Ácsi út 60.
Losonczi György
Fülöp Roland

Magánszemélyek:

Bogár József - BGA alapító
Dubnicz László - BGA alapító
Erdei Ibolya BGA - csatlakozó
Dr. Ferencsin Imre Mihály - alapító
Forstner Sándor BGA - csatlakozó, rendező
Gyimesi Györgyné - BGA alapító
Hidegkuti Konstantin - nyugdíjas, előadó
Horváth Elek Gépsystem kft. - nyug. ügyvezető
Horváth Laura - geológus, doktorandusz hallgató, előadó
Kaufmann Tibor - BGA csatlakozó
Kuzsmiczky Sándor - BGA csatlakozó, rendező
Mokánszki Béla - BGA kurátor, rendező
Nagyné Nefelejts Magdolna - meghívott
Papp József BGA - csatlakozó, nyugdíjas
Suller András - BGA alapító
Szabó Árpád BGA - csatlakozó, rendező
Törös Endre - geofizikus mérnök, előadó
Tresánszki Ágota Melinda - bányamérnök
Varga József - Paks, nyugdíjas
Viczena Miklós - BGA csatlakozó, rendező
Dr. Zsíros László - BGA alapító

Acéldoktor



Egyedi alkatrészek, gépelemek áttervezése, javítása, gyártása rozsdamentes-, erősen ötvözött, ritka anyagminőségekből is. Nehezen pótolható, nagy értéket képviselő kopott, törött alkatrészeit, gépegységeit megjavítjuk, a várható igénybevételhez igazítjuk. Több mint 25 esztendős gyakorlatunkat, tapasztalatainkat e téren is közösen használhatjuk fel.

Műhely: Bátonyterenye, Ózdi út 17. * Tel.: +36 30 9457 299
Iroda: 3100 Salgótarján, Rákóczi u. 1-9. (Salgó Center)
Tel/fax: +36 32/420 372 * email: iroda@marketinfo.hu * www.aceldoktor.hu



Szolgáltatásaink:

- hajtóművek javítása
- kopott alkatrészek, részegységek igénybevétel centrikus felújítása,
- egyedi öntött alkatrészek, házak kiváltása hegesztett szerkezettel,
- préselt, hajlított alkatrészek sorozatgyártása, szerszám- készülék készítése,
- lemezlakatos munkák,
- **Karuszel esztergálás d1600x800 mm-ig,**
- csővezeték gyártás, szerelés, javítás rozsdamentes és erősen ötvözött különleges acélokból is,
- nyomástartó edény tervezés, gyártás, vizsgálat, üzembe helyezés,
- egyedi szivattyúházak, járókerekek, hátfalak, résgyűrűk, közdarabok javítása különleges ötvözetekből is.

1990 óta állunk partnereink szolgálatában. Technológiák kidolgozásával, műszaki fejlesztéssel foglalkozunk. Javasolt megoldásaink a mechanikai szűrés, az élettartam növelő eljárások alkalmazása mellett előtérbe helyezik a ráfordítások gyors megtérülését. Energiatakarékos, az adott feladathoz optimális paraméterekkel jellemezhető, alacsony karbantartásigényű, hosszú élettartamú automatizálható eszközöket fejlesztünk ki partnereink segítségével. 2005 óta az EU 97/23EC "PED" irányelv szerinti nyomástartó edények méretezése, gyártása és minősítése, majd 2009-től a megújuló energiák felhasználása is bekerült kínálatunkba.



The **MARKETINFO** Technical and Investment Consulting Co. have been doing business since **1990**. Our company is involved in technical development and engineering of new technologies.We are active mainly in oil industry, gas industry, mining industry and power station sectors. Our solutions apply mechanical filtration and other lifetime prolongation procedures, but we focus on the fast economic return, too. Our company is engineering energy saving, optimal custommade, low maintenance requirement and automated equipment with the help of our subcontractors.

Since 2005 our profile is widen with sizing, constructing and qualificationing of pressure vessels according to the EU 97/23/EC „PED" guideline, and from 2009 the utilization of renewable energy is also part of our supply.





MARKETINFO

e n e r g e t i k a

- szűrési technológiák, szűrő berendezések tervezése, gyártása termálvízre is,
- **geotermikus energetikai technológia,**
- megújuló energetika berendezései,
- 0,1 mikronig szűrhet folyadékot, gázt, gőzt laborban, kis- és nagyüzemben mennyiségi korlát nélkül **10 évig** ugyanazzal a szűrőbetéttel.

- filtration technology, engineering and manufacture of filter equipment for thermal water as well,
- technology for geothermal energy,
- equipment for renewable energy,
- same filter cartridge can be used for 10-year operation to filter liquids, gases, steam at 0.1 micron grade in laboratory and industrial works without flow rate limits.

3100 Salgótarján, Rákóczi u. 1-9. (Salgó Center)
Tel/fax: +36 32/420 372 * email: mir@marketinfo.co.hu * www.marketinfo.co.hu



Hevederek:

- Gumihevederek (nyitott és zárt végű
- PVC hevederek (nyitott és zárt végű)
- Speciális hevederek (chevronbordás, lapátos/bordás, hullámperemes, kazettás, pipe...stb.)
- Ragasztók, kapcsok







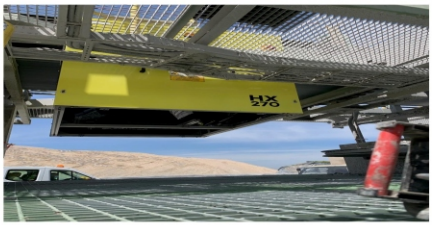


Heveder Monitoring Rendszer ROXON HX170, HX270:

- Minden alkatrész egy kompakt rendszerbe van integrálva, amely lehetővé teszi az egyszerű telepítést.
- Az üzemelésre kész eszköz CE 3R lézer minősítésű.
- A berendezés robosztus kialakítása miatt kiváló a rezgéscsillapítás.
- Könnyű beépíthetőség jellemzi a berendezést.
- A lézer és a kamera lencséjének tisztítását nagy nyomású levegő végzi.
- A működéshez szükséges áram források: 24 VDC, 5A
- A lehetséges kommunikációs csatornák: LAN, WAN, 3G/4G csatlakozás, vagy helyi irányítási renszerbe történő integrálás.
- On-line, valós 3D szkennelés végzése 0-24 működéssel, 500Hz optikai kamerával.
- Az összes lehetséges hibaforrást észleli a berendezés, szükség esetén beavatkozik. Az adatok gyűjtésre kerülnek mentéssel fotókkal együttesen elemzés és karbantartás céljából.







EURO GUMI KERESKEDŐ KFT. H-2045 Törökbálint Torbágy u. 13. +36 70 631 3779
katona.gergely@eurogumi.hu



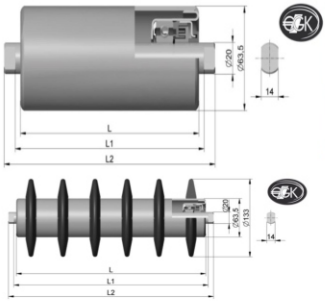
RÓLUNK:

Az Euro Gumi Kereskedő Kft.-t 2002-ben két természetes személy alapította. Cégünk elkötelezett a minőség biztosítás és a vevői elégedettség iránt, ezért 2004-től minőség, 2010-től környezetközpontú, 2013-tól munkahelyi egészségvédelmi és biztonsági irányítási rendszereket működtet. Törökbálinton kellemes környezetben tevékenykedik, szakmailag képzett, kedves munkatársakkal fogadja meglévő és leendő üzleti partnereit.



Gumilemezek (tekercs, tábla, vágott, megmunkált)
- Fokozottan kopásálló
- Általános
- Istálló és rámpaszőnyeg
- Elektromos szigetelő szőnyegek
- Műanyag, szilikon és azbeszt mentes





Szállítószalag görgők, dobok
- Görgők (sima palástú, gumizott, gumitárcsás (DISC, Inpact)
- Tisztító görgők
- Görgőfűzérek
- Hajtó, fordító és terelődobok



Pályakiegészítők:
- Kopásálló műanyag lemezek
- Dobborító gumilemezek
- Energiaelnyelő rendszerek
- Hevedertisztítók
- Vázak, bakok, tartók
- Hajtások

Tömlők (szerelt vagy szál tömlők)
- Ipari gumitömlők
- PVC tömlők
- Speciális tömlők
- Hidraulika tömlők

EURO GUMI KERESKEDŐ KFT. H-2045 Törökbálint Torbágy u. 13. +36 70 631 3779
katona.gergely@eurogumi.hu