Esettanulmányok kréta, eocén és miocén korú hazai barnakőszenek hasznosítási lehetőségére, mint fosszilis tüzelőanyag és nyomelem forrás*

HORVÁTH RÉKA okl. geológus, Miskolci Egyetem, Ásványtani-Földtani Intézet, Miskolc –
HÁMORNÉ DR. VIDÓ MÁRIA okl. bányamérnök, bányageológus, Magyar Földtani és Geofizikai Intézet, Budapest

A tanulmány három, gazdaságilag nagy jelentőségű barnakőszén előfordulás, az Ajkai Barnakőszén Formáció, a Dorogi Formáció és a Salgótarjáni Barnakőszén Formáció teleptani tulajdonságait és nyomelem tartalmát tárgyalja. A dolgozatban a szerzők új, jövőbeli kutatási perspektívákra mutatnak rá.

Bevezetés

A kutatásunk célja néhány tüzelőanyagként ismert barnakőszén előfordulásunk nyomelem vizsgálata és értékelése, annak bizonyítására, hogy összetételük és koncentrációjuk alapján potenciális elemforrásnak tekintsük őket az előkészítés fázisában vagy a másodlagos újrahasznosítás során.

A kőszén elsődleges felhasználója az energetikai ipar. A világban felhasznált villamos energia 42%-át a mai napig kőszén égetésével nyerik. A 2030-2050-re készített globális előrejelzések ugyanezt az arányt mutatják, vagy ennél nagyobb felhasználást jósolnak, amely a kőszén vezető szerepének megtartását, növekedését jelzi a XXI. században is. Ennek oka a kőszén földrajzi eloszlásában keresendő: viszonylag kiegyenlített elterjedésű, minden kontinensen megtalálható nyersanyag, ugyanakkor a jó minőségű kőszenek elérhetősége fokozatosan csökken. A különböző ipari ágazatok és a villamoshálózat kiegyenlített működése továbbra is döntően a koncentrált, nagy mennyiségben rendelkezésre álló és biztonságosan üzemeltethető energiaforrásokra épül [1].

Századunkban a kőszén hasznosításának komoly kihívása a környezetbarát felhasználás szigorodó követelménye. Ezt számos módon lehet elérni: tisztaszén technológiák alkalmazásával, hatékonyabb szénelőkészítéssel, az energiatermelésben részt nem vevő alkotók lépcsőzetes leválasztásával, kibocsátást csökkentő kiegészítő technológiákkal (S, N, Hg, Cl stb. megkötésével), vagy a széntermelés során keletkező termékek újrahasznosításával. Ez utóbbiak közül az egyik lehetőség a kőszénhamu másodlagos hasznosítása fémkinyeréssel és egyúttal a hulladék mennyiségének csökkentésével.

A kőszén szerves vagy szervetlen alkotórészeiben különböző nyomelemek dúsulhatnak. A dúsulás végbemehet a kőszénnel szingenetikusan az üledékgyűjtő medencébe került, oldatban oldott, majd adszorbeálódó vegyületek, szuszpenzióban vagy fenékhordalékként szállított nagy nyomelemtartalmú törmelékszemcsék által; vagy a kőszénképződést időszakosan megszakító esemény, pl. tufaszórás; illetve epigenetikus (aszcendens és deszcendens oldatok általi kőzetátitatás, hidrotermális metaszomatózis stb.) folyamatok révén [2].

A magyarországi barnakőszenek nagy része közepes vagy gyenge minőségű kőszenet képvisel. A nagy hamutartalmú, gyenge minőségű kőszenek ipari hasznosításához elengedhetetlen a megfelelő előkészítés, mely sűrűség szerinti leválasztást, vagy egyéb, kémiai reakciókat is magában foglaló szétválasztást jelent a környezettudatos kis károsanyag-kibocsátású felhasználáshoz. Az előkészítés költségei növelik a szénhasznosítás önköltségét, amely számos esetben visszahat a helyi nyersanyagforrások gazdaságos kitermelésére. Irodalmi adatok bizonyítják, hogy kőszeneink egyes elemekben dúsulnak, melyek gazdasági értéke napjainkra megnőtt. Az előkészítéssel párhuzamosan végzett kinyerésük gazdaságosabbá teheti néhány nagy hamutartalmú kőszenünk felhasználását, a kitermelés és előkészítés költségének kompenzálásával.

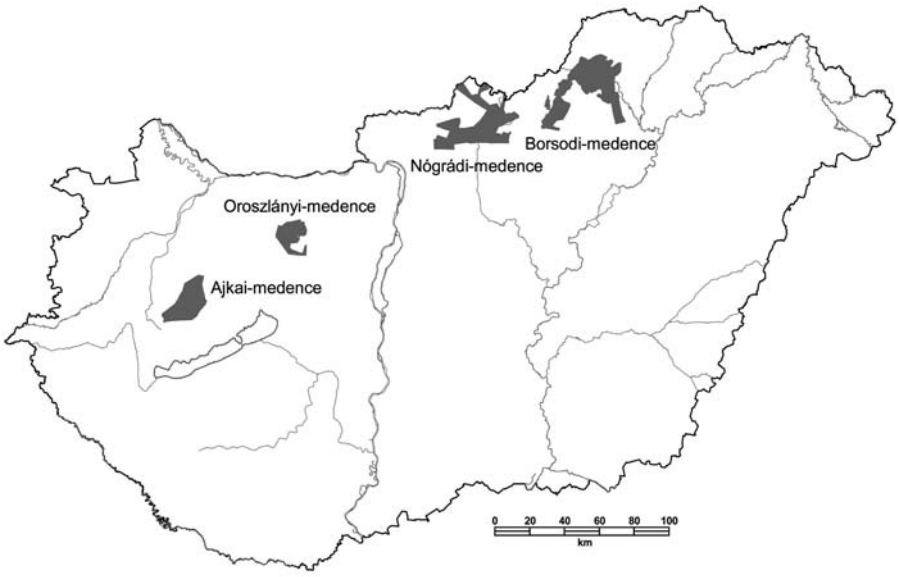
A legújabb kutatási és technológiai fejlesztési irányok előtérbe hozták a kőszén bányászata, felhasználása mellett a keletkező melléktermékek újrahasznosítását [3]. A nyomelemek egy része az égéstermékekből kinyerhető, ez tehát csökkentheti a depózott hulladékanyag mennyiségét, ezen keresztül az ipari lerakóhelyek méretét és a környezet terhelését.

Tanulmányunkban annak a három kőszénmedencének az archív adatait használtuk fel, ahol az elmúlt években telepenkénti méréseket is végeztünk, a régi adatok ellenőrzése és az új analitikai módszerekkel szerzett eredmények összehasonlítása céljából.

* A tanulmány a IV. Ásványgazdálkodási Fórumon (Miskolc, MTA TAB MAB Székház, 3530 Miskolc, Erzsébet tér 3., 2015. április 23.) bemutatott „Barnaszeneink – fosszilis tüzelőanyag és ritkaelem forrás” c. előadás alapján készült.

A kutatásban felmért barnakőszén előfordulások ismertetése

Magyarországon több, gazdaságilag jelentős kőszén előfordulás található, amelyek eltérő földtani korokban, eltérő üledékképződési viszonyok közt keletkeztek és különböző minőségben állnak rendelkezésünkre. A jelenlegi kutatás során vizsgált kőszeneink három formációt képviselnek. Közülük a legidősebb a DNy-Bakonyban található, felső kréta időszaki Ajkai Kőszén Formáció, majd időben és K-felé haladva ezt követi a Dunántúli-középhegységben viszonylag jelentős horizontális kiterjedésű középső-felső-eocén Dorogi Formáció [4]. A miocén korból általunk részletesebben vizsgált alsó-középső miocén időszakban jött létre a Salgótarjáni Barnakőszén Formáció. *(1. ábra)*



1. ábra: *A vizsgált kőszén előfordulások átnézeti térképe*
Készült az MBFH-MFGI együttműködésben számos épített kőszén-megkutatottság térinformatikai adatbázis lekérdezése alapján.

Mintavétel és elemzési módszerek

Az ajkai kőszén mintázása Jókai Bányán a kilencvenes évek második felében történt az OTKA F7373 projekt keretében [4]. Tájékozódó elemzés céljából az I., III., IV., V. és VI. számú telepekből 1-1 mintát vizsgáltunk. A minták előkészítése a Miskolci Egyetem Ásványtani-Földtani Intézetének laboratóriumában történt, a kémiai elemzéseket az ALS-Global laboratórium végezte (www.alsglobal.com). Az elemzés során a 63 mikrométer alá porított, 10 gramm tömegű mintákat négy savas (perklórsav, salétromsav, fluorsav és sósav) feltárásnak vetették alá, ezután került sor az ICP-OES és ICP-MS vizsgálatok elvégzésére.

A Dorogi Formációt a Márkushegyi Üzem mélyszinti barnakőszenét két különböző ponton mintázta a Magyar Állami Földtani Intézet, MÁFI 2005-ben. Összesen 41 minta elemzése történt meg, melyből 36 db-on szénkőzettani [5] és szerves- [5], illetve szervetlen geokémiai (nyomelem) vizsgálatot végeztünk.

A Salgótarjáni Kőszén Formáció nyomelem tartalmát az ózdi területen elhelyezkedő farkaslyuki mélyművelésű bánya kőszén és meddő mintáin vizsgáltuk. A mintázás során két mintavételi pontról gyűjtöttünk mintákat, a két helyszínről összesen 19 mintát. A mintákon lítium-metaborátos ($LiBO_2$) feltárását követően ICP-MS és ICP-OES vizsgálatok történtek. A Dorogi és Salgótarjáni Kőszén Formációkat képviselő minták előkészítését és szervetlen geokémiai elemzését a Magyar Földtani és Geofizikai Intézet készítette. A laboratóriumi előkészítés során a mintákat szárították, majd 2 mm alá törték. Az elemzéshez 10 g 75 mikron alá porított mintát használtak. Ebből 2 grammot lítium-metaborátos ($LiBO_2$) feltárásnak vetettek alá, az így készült pasztillát savas feltárással oldották, majd az így előállított oldatot 3 mérésnek vetették alá. A főelemeket oxidos formában adták meg, a nyomelemeket Jobin Yvon ULTIMA-2C típusú ICP-OES (optikai emissziós), a ritkaföldfémeket pedig Perkin Elmer ELAN DRC II típusú ICP-MS berendezéssel mérték. A minta egy másik részéből izzítási- és vízveszteségmérést végeztek.

A vizsgált előfordulások földtani felépítése

Ajkai Kőszén Formáció

A felső kréta Ajkai Kőszén Formáció (AKF) feküjét a döntően karbonátos kőzetekből álló mezozoós alaphegység bauxit és vörös agyag felhalmozódásokkal kísért eróziós bázisa adja. Ezen képződött a felső szenon összlet terresztrikus folyóvízi, ártéri, delta üledékekkel jellemzett édesvízi – brakkvízi mocsári fáciesű kőszénképző sorozata [6].

Az alaptelep típusú kifejlődés transzgressziós jellegű, amelyet a közvetlen fedőjét adó Jákói Márga szublitorális fáciesű, rosszul rétegzett kőzetei igazolnak. A kőszéntelepes összlet tagoltságát és a kőszénképződési környezetek közötti különbséget a paleo-geomorfológia határozta meg. A medence központi részét egy ÉK-DNy-i irányú, 5-8 km széles kiemelt hátság egymással párhuzamos medencékre osztotta, melyekben a kőszénképződés folyt [7].

A kőszéntelepes összlet 40 és 110 m között változik, átlagos vastagsága 100 m, amely általában 7 telepet tartalmaz. A telepszámozás a fekütől a fedő felé növekszik. Ezek közül 5 telepet műveltek. A telepeken belül a paralikus jelleget igazolva az agyag, márga és molluszkás finomtörmelékes betelepülések gyakoriak. A legjobb minőségű telepek az I-IV. számúak. Vastagságuk 1,5-3,5 m közötti. A telepek átlagos fűtőértéke 8-16,7 MJ/kg, nedvesség-tartalmuk 12-30% közötti. Kén-

tartalmuk tengeri képződési környezetüknek megfelelően magas, 2,5-4,4% között változik. A területen belül vezérszintnek tekinthető a IV. telep, ahol néhány mm vastag gipsz, az ún. „huszárzsinór” vezérszintként követhető.

A kőszenek makroszkóposan a kemény, félkemény, gyengén rétegzett vagy a rétegzetlen típus között változnak. A magyarországi kőszenek között macerál összetétel szempontjából a legváltozatosabbak. A vitrinit tartalom széles határok között változik, átlagosan 60%. Jellegzetes kőzetalkotója az inertinit, ami leginkább inertodetrinit formájában, és a rezinit, amely helyi nevén „ajkait”-ként, 1-2 mm-es szemcsék formájában fordul elő. Mennyiségük a magyarországi szenek között a legnagyobb. Előfordulásuk általában a telepek talpától a fedő irányába növekszik. Az inertinit és rezinit tartalom általában pozitív korrelációt mutat egymással, ami az autochton képződéstől az allochton, áthalmozott felhalmozódás irányába mutat a telepfejlődés során.

Az ajkai előfordulás anyaga a fényes barnakőszén, vagy szub-bitumenes kőszén kategóriájába esik. Fűtőértéke 8-16,7 MJ/kg, nedvesség tartalma 11%, hamutartalma 12-30%, kéntartalma nagy, 2,5-4,4% között változik.

Dorogi Formáció

A középső-felső-eocén Dorogi Kőszén Formáció (DKF) feküjét vizsgálati területünkön döntően a Polányi Márga, Fődolomit és Dachsteini Mészkő Formációk kőzetei alkotják. A kőszéntelepes összlet bázisán transzgressziós, jellegzetes eocén sekélytengeri homok összlet található az ÉK-Bakonyban és a Vértes előterében, az egykori partvonal mentén [9]. A feküből vizsgált nannoplankton vizsgálatok [10] a kőszénképződés kezdetét a medence egész területén a középső eocén lutéci idejére teszik. A DKF közvetlen fedője a 10-20 m vastag Csernyei Formáció sekélytengeri karbonátos, finomtörmelékes sorozata, amelyben gyakran lumasella-szerűen feldúsuló csiga-, kagyló- és korallmaradványból álló padok fordulnak elő, majd a magasabb fedőben a tengeri üledékképződés kőzetei a Padragi Márga és heteropikus kifejlődésű sorozatai a sekély-pelágikustól a bathiális környezetig következnek DNy-i irányban.

A DKF kőszénképződése a szigettengerek által határolt kiemelt hátságokon kezdődött. A tengeri kapcsolat a Bakony É-i részén és a Móri árok, Pusztavám térségében volt a legjelentősebb. Az összlet feküjében szárazföldi, majd édesvízi agyag települ. Az egy-két telepből álló kőszéntelepes sorozat kifejlődése paralikus partszegélyi, mangrove környezettel jellemezhető, transzgressziós. Az alsó telep gyengébb minőségű a főtelepnél, melyben meddő betelepülésként, közkőként, csökkent sósvízi, faunás kifejlődés jellemző. Az alsó és főtelep átlagos telepvastagsága 2 m. A telepek a bánya D-i részén, egymástól néhány tíz méteres távolságra fekszenek és ÉNy-i irányban a Márkushegyi Üzem területén egy teleppé fejlődtek.

A formáció kőszénkőzettani összetétele a képződési környezettel változik, de mindenütt a vitrinit a fő kőzetalkotó, jelentős mennyiségű liptinit, legfőképpen szuberinit (szárazföldi növények védőszövete) és sporinit (sporopollenin) kíséretében, amely magas talajvízszintet és nyíltvízi környezetet igazol. A kőszén nagy, 3,4-5,6%-os kéntartalmú. Az eocén kőszenek a fényes barnakőszén, vagy szub-bitumenes kőszén típusba tartoznak, nedvességtartalmuk 12-13,5%, hamutartalmuk átlagosan 15,4%, fűtőértékük 9,5 és 24 MJ/kg között változik, vitrinitreflexió értéke 0,4-0,44% közötti.

Salgótarjáni Barnakőszén Formáció

A Salgótarjáni Barnakőszén Formáció (SBF) területi elterjedése az ország É-i és ÉK-i részén, a Nógrádi medencétől a Borsodi medence K-i részéig követhető, de ÉNy-i irányban Szlovákia felé is folytatódik [13]. A SBF a Nógrádi-, a Ny- és K-Borsodi medencére tagolható.

Feküjét elsősorban a Gyulakeszi Riolittufa eróziós felszíne, és változatos felépítésű paleozoós, mezozoós, eocén és oligocén képződmények alkotják. Közvetlen fedőjét finom törmelékes és homokos, kavicsos sorozatokból álló kőzetek képviselik.

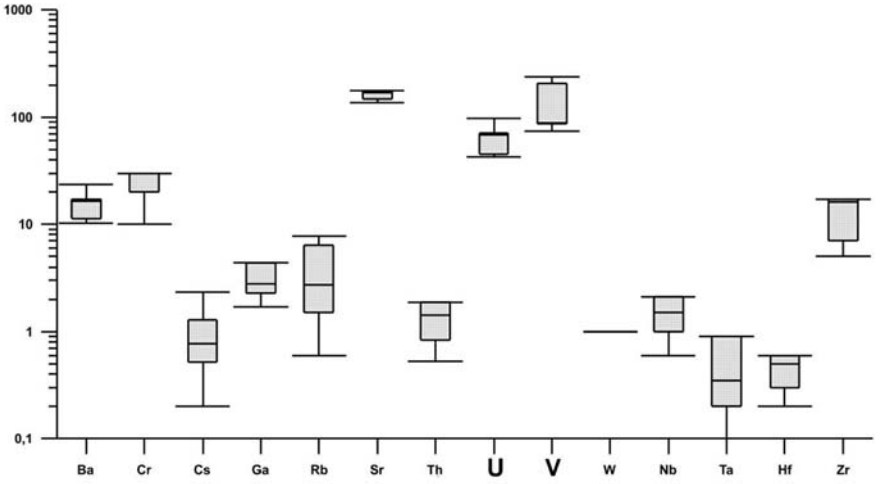
Az SBF-n belül a Kisterenyei Tagozatként ismert kőszéntelepes összlet Nógrádban 30-50 m, amelyet Borsodban 200-300 m közötti sorozat képvisel. Nógrádban és a Ny-Borsodi medencében kifejlődése 3 telepes, míg K-Borsodban rendszerint 5 telepes. A telepszámozás mindkét medencében felülről lefelé nő. A formáció legnagyobb laterális kifejlődésű telepei: Nógrádban a középső, kettes és a K-Borsodban a négyes telepek. A telepek átlagos vastagsága 2 m, de helyenként 5-10 m vastag kifejlődés is ismert.

A kőszénképződés tengerparti, lagúna közeli, főként láperdei kifejlődésű, transzgressziós jellegű, amelyet gyakran a telepfedőkben megjelenő lumasella rétegek is igazolnak. Vitrinit tartalma 80% fölötti. Jellemző további elegyrészek a szuberinit és kutinit, de az időszakos talajvízszint esést és részleges oxidációs környezetet jellemző funginit is gyakori a macerálok között. Minőségét tekintve a kőszén fénytelen fás-barnakőszén, vagy meta-lignit. Nedvességtartalma 22-29%, kén tartalma 2,2-5,3%, hamu tartalma 10-30, fűtőértéke 10,5-23,5 MJ/kg között változik, vitrinitreflexió értéke 0,26-0,34% közötti.

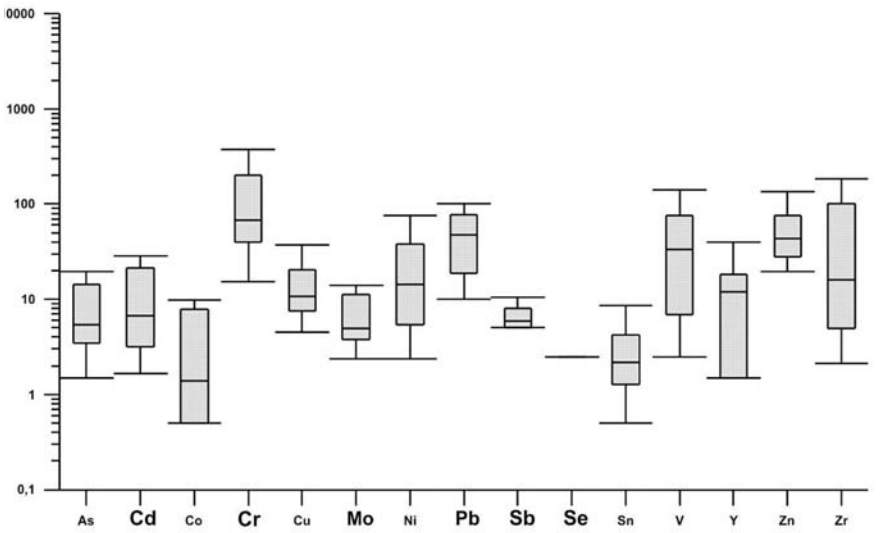
Vizsgálati eredmények

Ajka Kőszén Formáció nyomelem tartalma, Jókai bánya

A Jókai bányai mintákat az 5 művelt telepből vettük. Az I., III., IV., V. és VI. telepek átlagmintáinak vizsgálatát az alábbi elemekre végeztük el: Ba, Cr, Cs, Ga, Hf, Nb, Rb, Sn, Sr, Ta, Th, U, V, W, Y, Zr, és ritkaföldfémek (RFF). A vizsgált elemek listáján itt szulfidképző elemek nem szerepeltek. A tájékozódó elemzések tanúsága szerint a vizsgált telepekben az U és Va jelentős dúsulása tapasztalható *(2. ábra)*. A barnakőszén világátlag értékeire normálva a Va esetében 4-10-szeres



2. ábra: *Az Ajkai Kőszén Formáció Jókai bányai területről gyűjtött minták tájékozódó geokémiai elemzési eredményeinek átlaga és szórása (g/t). (Vastagon szedve a >5-szörös dúsulású elemek a barnakőszén világátlaghoz viszonyítva.)*



3. ábra: *A Márkushegyi bányaüzem területéről gyűjtött kőszén minták geokémiai eredményeinek átlaga és szórása (g/t). (Vastagon szedve a >5-szörös dúsulású elemek a barnakőszén világátlaghoz viszonyítva, dőlttel jelölve a kevesebb, mint 5-szörös dúsulású elemek.)*

dúsulási tényező adódott, míg U-ra ugyanez az érték 15-34-szeres. Néhol alárendelten Cr, Ta és Sr dúsulás jelentkezett a barnakőszén világátlaghoz képest ([2] és [8] alapján). A Cr esetében a számított dúsulási tényező 1-4, Ta és Sr esetében 1-3 között változó érték. Előzetes eredményeink alapján az I. és V. számú telepek tűnnek a nyomelemben leggazdagabb szinteknek. Korreláció analízissel feltártuk a Nb, Ta, Hf, Zr, Ga és Cr, továbbá a Sr és Cr, illetve Sr és Ba koncentrációjának szoros pozitív korrelációját (>0,9). Feltételezhető tehát ezen elemek hasonló geokémiai viselkedése, azonban további kutatások szükségesek az együtt előforduló elemek feltérképezése céljából.

Vizsgálati eredményeink további részletes elemzéseket tesznek szükségessé a hamutartalommal és maceráll összetétellel való kapcsolat, a horizontális és vertikális elemeloszlás feltárása és egyéb nyomelemek térbeli megoszlásának vizsgálata céljából.

Dorogi Formáció, Oroszlányi-medence nyomelem tartalma, Márkushegy

A szervetlen geokémiai vizsgálatok ebben az esetben az alábbi elemekre terjedtek ki: As, Cd, Co, Cr, Cu, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, Sn, V, Y, Zn, Zr. A minták szelvényszerűen a barnakőszéntől, a szenes márgán és szenes agyagon keresztül a teljes telep szelvényt képviselték.

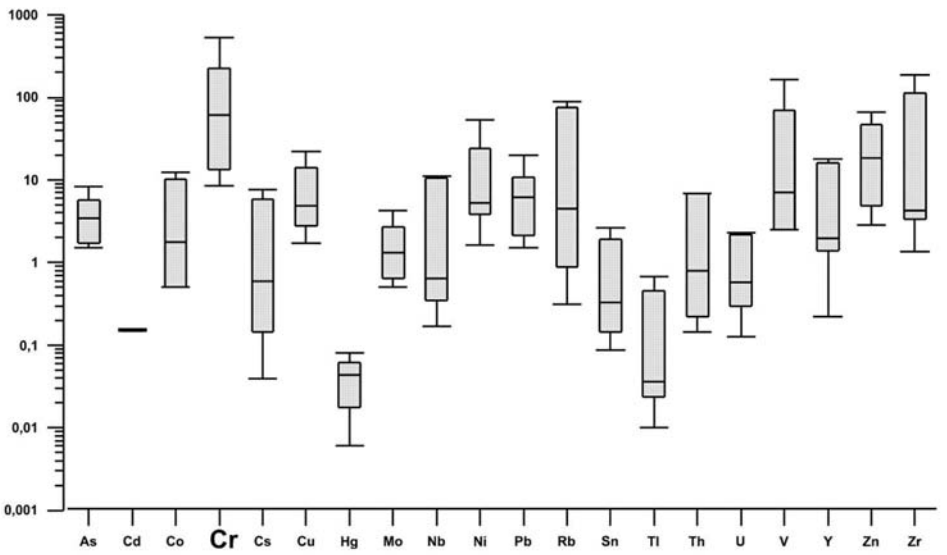
Ezen elemek közül a barnakőszén világátlaghoz viszonyítva a Cd, (Cr, Mo), Pb, Sb, és a Se koncentrációja anomálisan nagy a különböző kőszénféleségekben *(3. ábra)*. A meddő kőzetekben az üledékes kőzet világátlagához (clarke) viszonyított Cd, Cr, Mo, Pb, (Sb, Se) és Zn dúsulása rögzíthető. A márkushegyi minták geokémiai vizsgálata során sok egyezést találtunk a szakirodalomban korábban leírt [11] elemzési eredményekkel. *Földváriné* [11] a Dorogi-medence középső-eocén barnakőszenes összletének elemzése során kimutatta, hogy a barnakőszénen kívül az agyagos és márgás kőzetek is dúsítanak bizonyos nyomelemeket (B, Cr, Cu, Li, Mo, Pb, Ti). A barnakőszén egyes mintákban jelentős Mo tartalommal rendelkezik. *Ódor* [12] a litofil elemcsoportot vizsgálva az Y, Be, Sc, Zn és Zr elemek koncentrációját a szenes agyagok és égőpalák esetében találta az átlagnál nagyobbnak és megállapította, hogy ezen elemek dúsulása az anorganikus szénalkotó elegyrészekhez kötődnek.

Vizsgálataink nem terjedtek ki Be és Sc meghatározásra, azonban a másik három elemet (Y, Zn, Zr) tekintve megállapítottuk, hogy a legnagyobb átlagos hamutartalmú teleprészeken érik el a legnagyobb átlagkoncentrációkat, igazolva a korábbi megállapításokat [12], illetve új megfigyelés, hogy a Zn és Zr közvetlenül is szoros pozitív korrelációt mutat a kőszén hamutartalmának változásával.

A kis hamutartalmú mintákban *Ódor* megállapítása szerint [12] a Sr, Mn és a Mo fordul elő a legnagyobb mennyiségben. Vizsgálataink a fent ismertetett elemek közül csupán a Mo-ra terjedtek ki. A Mo koncentrációnak a jó minőségű kőszén mintákban a hamutartalomtól, illetve a teljes szervesszén-tartalomtól (TOC%) függetlenül változott a megoszlása *(3. ábra)*, amelyet matematikai-statisztikai vizsgálatunk, mint pl. a korreláció analízis is alátámasztott.

1. táblázat: *A farkaslyuki és Ózd környéki [14] barnakőszén mintákon végzett nyomelem vizsgálatok összehasonlító táblázata az archív adatok és új mérések alapján a barnakőszén világátlag értékek feltüntetésével (g/t) [8]. A táblázatban a gazdaságilag kritikusnak minősített [15] nyomelemek dőlt betűsek.*

Vizsgált elemek	Ózd környéki szénminták leggyakrabban előforduló nyomelem koncentráció intervallumai [14]	Farkaslyuki vizsgálatok eredményei				Barnakőszén világátlag [8]	Dúsulás mértéke barnakőszén világátlagra [8] normálva
		min.	max.	átlag	szórás		
Be	3-10	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1,2	-
Zr	30-100	1,4	186,9	43,9	59,9	35	1,3
B	100-300	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	56	-
Ga	0-10	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	5,5	-
Cr	0-3	8,5	525	130,5	166,8	15	**8,7**
V	0-100	<2,5	162	38	42,9	22	1,7
As	10-30	<1,5	14,4	4,2	3,1	7,6	0,5
Mo	0-3	<0,5	7,3	2	1,9	2,2	0,9
Ni	3-30	1,6	59,6	17,1	17,9	9	**1,9**
Cu	3-10	1,7	35,6	9,7	8,8	15	0,6
Ge	0-3	0	0,8	0,3	0,3	2	0,1
Sn	0-3	0,1	2,6	0,9	0,9	0,79	1,1
Pb	3-10	0,9	201,4	24,3	45,7	6,6	**3,7**
In, Re	1-10	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,021	-
Co	3-10	<0,5	12,2	5,1	4,7	4,2	1,2
Zn	30-100	2,8	66,6	25,6	20,7	18	1,4
Rb	n.a.	0,3	88,4	24,7	4,0	10	**2,5**
Cs	n.a.	0,0	7,7	2,3	2,9	0,98	**2,3**



4. ábra: *A Farkaslyuki bányaüzem területén gyűjtött kőszénféleségek geokémiai értékeinek szórása. (Vastagon szedve a >5-szörös dúsulású elemek a barnakőszén világátlaghoz viszonyítva.)*

Salgótarjáni Kőszén Formáció, Borsodi medence nyomelem tartalma, Farkaslyuk

A farkaslyuki mélyművelésű bányát két állomáson mintáztuk, melynek geokémiai eredményeit a korábban közölt [14] irodalmi adatokkal vetettük össze. Az alábbiakban ezt mutatjuk be *(1. táblázat).*

Általánosan megállapítható, hogy az első állomáson gyűjtött kőzetminták átlagos nyomelem tartalma kevéssel meghaladja a második állomás mintáinak nyomelem tartalmát. Azonban a két mintavételi pont mintáinak szórás értékei között számottevő különbség nem tapasztalható. Az *1. táblázatban* a közép- és szélső értékeket, illetve a szórást a két mintavételi állomásról gyűjtött kőzetminták geokémiai eredményeit együttesen vizsgálva képeztük.

Külön figyelmet fordítottunk arra, hogy a megjelenő nyomelemek milyen viszonyban állnak a kőszénminták hamutartalmának változásával. Megállapítható, hogy mindössze három elem, a Co, a Va és a Zn mutatnak szoros pozitív korrelációt a hamutartalom változásával (korrelációs együtthatók: Co: 0,91; V: 0,87; Zn: 0,92), vagyis minél nagyobb a minta hamutartalma, annál nagyobb koncentrációban tartalmazza az adott elemet. A többi vizsgált elem esetében a korrelációs együttható értéke (-0,29) és 0,67 között változnak, azaz összefüggés az elemek és a hamutartalom változása között nem áll fenn. A korrelációanalízis során megállapítható, hogy a Co, Va és Zn egymással szoros korrelációban állnak (korrelációs együttható: 0,9), továbbá ugyanilyen viszonyban áll egymással a Cr és Ni (0,88), az U és Th (0,98), illetve a Rb, Y Zr és Nb (0,9) is. A korrelációanalízis eredményéből feltételezhetjük, hogy a Co, a Va és a Zn elsősorban a kőszén szervetlen, hamualkotó komponenseihez kötődnek.

Kutatásunk során új eredményekkel bővítettük az Ózd környéki terület kőszeneinek nyomelem tartalmáról rendelkezésre álló információkat: kimutattuk a Cr-nak a világ barnakőszeneihez viszonyított 8,7-szeres dúsulását. Átlagosan a vizsgált területen 130,5 ppm menynyiségben jelenik meg az elem, ám a koncentráció értékek szórása számottevő *(4. ábra).* Száváné [14] a terület-

re jellemző nyomelem-társulásként a B, Zr, (In, Re) elemeket jelölte meg. Az általunk vizsgált farkaslyuki anyagban a Cr, Pb, Ni, Rb és Cs erőteljes (mintegy 4-9-szeres dúsulás a világátlaghoz viszonyítva) dúsulását tapasztaltuk, melyet kisebb mennyiségben (2-szeres dúsulás a barnakőszén világátlaghoz viszonyítva) Va, Mo, As, illetve Zr kísér. Vizsgálataink azonban nem terjedtek ki a Be, B, Ga, In és Re elemekre, ezen elemek kőszénben előforduló mennyiségére vonatkozóan *Száváné* [14] vizsgálataira támaszkodunk.

Száváné [14] munkájában a Be-Ga, Sn-Pb, B-Zr, Cu-V és In-Re elempárok együttes előfordulását mutatta ki. A fent sorolt elemek közül vizsgálataink az Sn-Pb és Cu-V elemekre terjedtek ki, azonban nem mutatkoztak a vizsgált területen együtt mozgó elemeknek. Az Sn-Pb esetében a korrelációs együttható 0,04-nek, míg a Cu-V tekintetében ugyanez 0,2-nek adódott.

Következtetések

A három, Magyarországon gazdaságilag jelentős, hasonló fácies viszonyok mellett képződő (paralikus, lagúna és mangrove), transzgressziós, alaptelep kifejlődésű barnakőszén összlet (az ajkai, a dorogi és a borsodi) vizsgálata során a stratégiailag nagy fontosságú, „kritikus" elemek dúsulása mutatható ki [11, 12,, 14], amelyeket saját vizsgálatokkal is sikerült alátámasztani: Be, Cr, Co, Ga, Ge, Sb és Y, és alárendelt mennyiségben a borsodi területen indium is várható [14]. A stratégiailag kritikus elemeken túl más elemek is jelentékeny koncentrációban jelentek meg a vizsgált három kőszenes összletben, pl. Mo vagy Cd, amelyek kinyerése ugyancsak figyelmet érdemel.

A Dorogi Kőszén Formáció nyomelem összetételének vizsgálata megkezdődött a Márkushegyi minták elemzésével, amely alapján kijelenthető, hogy több, korábban a szakirodalomból ismert [11,12] elem dúsulása igazolt, ugyanakkor előfordultak olyan elemek is, amelyek dúsulása a vizsgált mintában nem volt tapasztalható, vagy nem vizsgálták a mintákat ezekre az elemekre, így új adatokkal bővítettük a korábbról rendelkezésre álló [11, 12] ismereteket.

A három területet együtt vizsgálva tehát az alábbi elemek jelentős dúsulása várható a minták szervetlen geokémiai elemzése során (dőlt betűvel az Európai Bizottság 2014-es listája szerint „kritikus" elemek [15]): B, *Be*, Cd, *Co, Cr, Ga, Ge, (In)*, Mo, *Sb, Ta*, V, *Y*.

Ezen elemekre nézve tehát a barnakőszén a megfelelő technológiák alkalmazása mellett potenciális nyomelem forrást képviselhet, így hozzáadott értéket jelenthet a kőszén „hagyományos" felhasználása mellett.

A továbbiakban célunk az elemdúsulások és a telepfejlődés közötti kapcsolat vizsgálata medencénként, a különböző telepek között és egy telepen belül; a nyomelem anomáliák és a kőszén mikrofácies (macerál összetétel) közötti kapcsolat elemzése, és a nyomelem dúsulások kutatása különböző macerálokon, továbbá a dúsulások helyének és típusának meghatározása.

Köszönetnyilvánítás

Jelen munka a TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV -2012-0005 jelű projekt részeként, a Miskolci Egyetem stratégiai kutatási területén működő Fenntartható Természeti Erőforrás Gazdálkodás Kiválósági Központ tevékenységének részeként az Új Széchenyi Terv keretében az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg. Az ICP-MS vizsgálatokat az ALS-Global és az MFGI végezte. Köszönettel tartozunk az OTKA F7373 projekt támogatásának és *Hámor Tamás* vezetőnek a kréta korú minták rendelkezésünkre bocsátásáért, *Havelda Tamásnak* és *Öveges Istvánnak* az eocén korú minták begyűjtésében és *Földessy Jánosnak* az archív adatok felkutatásában nyújtott segítségéért, a lektorálás során tett építő javaslataiért, amelyek nagyban emelték tanulmányunk színvonalát. *Püspöki Zoltánnak* megköszönjük az átnézeti térkép szerkesztési munkálataiban nyújtott segítséget.

IRODALOM

[1] http://www.euractiv.com/sections/energy/coal-industry-stands-progress-and-prosperity-312473

[2] *Seredin V.V., Finkelman R. B.* (2008): Metalliferous coals: A review of the main genetic and geochemical types. - International Journal of Coal Geology, 76, 253-289.

[3] *Qin, S., Zhao, C., Li, Y. & Zhang, Y.* (2015): Review of coal as a promising source of lithium, - Int. J. of Oil, Gas and Coal Technology, 9/2, 215-229. http://phys.org/news/2015-02-lithium-coal-china-metal-chinese.html#jCp

[4] *Hámor-Vidó, M., Hámor T.* (2007): Sulphur and carbon isotopic composition of power supply coals in the Pannonian Basin, Hungary. – Int. J. of Coal Geol.71/3-4, 425-447.

[5] *Bechtel A., Hámor-Vidó M., Sachsenhofer R.F., Reischenbacher D., Gratzer R. & Püttmann W.* (2007): The middle Eocen e Márkushegy subbitumenous coal (Hungary): Paleoenvironmental implications from petrographical and geochemical studies – Int. J. of Coal Geol.72, 33-52.

[6] *Gózcán, J., Siegel – Farkas, Á., Móra – Czabalay, L., Rimanóczi, Á., Viczián, I., Rákosi, L., Csalagovits, I., Partényi, Z.,* (1986): Ajka Coal Formation; Biostratigraphy and Geohistory. – Acta Geol. Hung. 29, 221-231.

[7] *Haas, J., Jochané Edelényi, E., Császár, G., Partényi, Z.* (1986): A bakonyi szenon kőszénösszlet képződési körülményei – MÁFI Évi Jel. 1984. évről, 343-352.

[8] *Ketris M. P. & Yudovich Ya. E.* (2009): Estimations of Clarkes for Carbonaceous biolithes: World averages for trace element contents in black shales and coals - Int. J. of Coal Geol. 78, 135-148 p.

[9] *Kopek, G.* (1980): A Bakony hegység ÉK-i részének eocénje. – MÁFI évkönyve LXIII/1, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 91-103.

[10] *Báldiné Beke, M.* (2003): A dunántúli eocén kőszénösszletek fedőképződményeinek rétegtana és paleoökológiája nannoplankton alapján. Földtani Közlöny, 133/3, 325-343.

[11] *Földváriné Vogl M.* (1968): A ritkafémkutatás 1966. évi eredményei – MÁFI Évi Jel. 1966. évről, 291-314 p.

[12] *Ódor L.* 1969: Jelentés a Balinka II. terület eocén barnakőszénösszletén végzett geokémiai vizsgálatokról - MÁFI Évi Jel. 1967. évről, 315-343 p.

[13] *Hámor G.* (1985): A Nógrád – Cserháti kutatási terület földtani viszonyai. – Geologica Hungarica, Series Geologica T. 22, 55-57.

[14] *Száváné Benőcs, K.* (1965): Kutatási részjelentés. Észak-Magyarországi széntelepek ritkafém katasztere I.-II. - Magyar Bányászati Földtani és Geofizikai Adattár, Budapest (T.3225)

[15] A Bizottság közleménye az Európai Parlamentnek, a Tanácsnak, az Európai Gazdasági és Szociális Bizottságnak és a Régiók Bizottságának; Az EU számára kritikus fontosságú nyersanyagok jegyzékének felülvizsgálatáról és a nyersanyag-politikai kezdeményezés végrehajtásáról. COM/2014/0297,2014, http://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/?uri=CELEX:52014DC0297

HORVÁTH RÉKA okleveles geológus. A Miskolci Egyetem Ásványtani-Földtani Intézetének PhD hallgatója. Egyetemi tanulmányait az Eötvös Loránd Tudományegyetemen végezte, 2012-ben szerzett oklevelet.

HÁMORNÉ DR. VIDÓ MÁRIA, a Magyar Földtani és Geofizikai Intézet főmunkatársa, főtanácsosa. 1984-ben bányamérnök geológusként végzett a Nehézipari Műszaki Egyetemen, ahol PhD fokozatát is szerezte 1996-ban, „summa cum laude" minősítéssel. Végzése óta a Magyar Állami Földtani Intézet (MÁFI), Eötvös Loránd Geofizikai Intézet (ELGI) és jogutódja, a Magyar Földtani és Geofizikai Intézet (MFGI) nemzetközileg is elismert kutatója, kutatási témák vezetője. 2010-2013 között az MFGI és jogelődje az ELGI tudományos igazgatóhelyettese. 2008-tól 2010-ig a White Coal Energy Kft. kutatásvezetője a Keleti-Mecsekben. 2009 óta a Nemzetközi Szén és Acél Közösség (RFCS) Kőszén Kitermelési és Hasznosítási munkacsoport felkért szakértője, pályázati bíráló és projekt ellenőrző. 2004-2008 között a Nemzetközi Szén és Szerves Kőzettani Munkabizottság (ICCP) Földtani alkalmazások Munkabizottság titkára, 1995-2004 között a Kőszénfácies Munkacsoport vezetője. Több mint száz publikáció szerzője. A Miskolci Egyetem habilitált címzetes egyetemi docense, az Eötvös Loránd Tudományegyetem doktori iskola és a Szegedi Egyetem felkért oktatója.

A Miskolci Egyetem csapatai meghódították a MOL-t

Nagy miskolci sikerrel végződött a MOL UPPP vetélkedője. Az Oil Fnatic csapata végső sikert aratott az előadásával mind szakmailag, mind előadástechnikailag, ezzel elnyerve az első helyet és a vele járó 12 ezer eurós fődíjat.

A MOL tehetségkutató UPPP 2015-ös versenyére 1114 csapat nevezett be 55 országból, többségében nagynevű egyetemekről. Az első fordulóban on-line szimuláció során a csapatok egy valós élethelyzetben találhatták magukat. Egy adott területet kellett megkutatni geológiai és geofizikai módszerekkel. A nyert adatok alapján a csapatoknak el kellett dönteni, hogy hol szeretnének olajkutató fúrást indítani.

A választástól függött, hogy lesz-e olaj a kiszemelt kútban. Bár akármennyi kutató fúrást lehetett indítani, de alaposan meg kellett fontolni hányszor tegyék ezt meg, mert mind a valóságban, mind a szimulációban igen költséges művelet ez. Amennyiben egy csapat sikeresen megtalált egy olajtározó kőzetszerkezetet, eldönthette milyen módon és ütemben szeretné ezt termelő üzemmé továbbfejleszteni. A játék fő célja, hogy a kezdeti 500 milliós dollár virtuális Uppp tőkéből ki tudja a legtöbbet profitálni a 21 nap alatt. Már ebben a fordulóban is kiemelkedő teljesítményt mutattak a miskolci csapatok. A TOP40-be 10 magyar csapat jutott be, ezek közül 6 miskolci volt.

A győztes csapat

A második fordulóban a legjobb 40 csapatnak ki kellett töltenie egy 100 kérdésből álló online kvízt 2 óra leforgása alatt. A kérdések lefedték a szénhidrogén kutatás, fúrás, fejlesztés, termelés és feldolgozás témaköreit.

Az első és második forduló eredményeit súlyozva összeadták. A termelési szimulációt 70%-os, míg a kvízt 30%-os súllyal figyelembe véve az első helyen végzett a Miskolci Egyetem Oil Fnatic csapata *(Karádi Ákos, Lengyel Nikolett, Szilvási Marcell)* 95,4%-kal. A többi miskolci csapat közül a Fantastic Tree *(Farkas Kolos, Nádasi Endre, Tóth Zsolt)* 59,1%-kal a 6. helyen végzett, és szoros küzdelemben felzárkózott a 9. helyre a miskolci Petroholics *(Mezei Luca, Pásztor Ádám Viktor, Schultz Vera Magdolna)* csapata is 56,5%-kal.

A december 7-9. között tartott döntő rendezvény Budapesten zajlott. Erre a MOL csoport meghívta a TOP 10 csapatot, amelynek során egy állásinterjún, majd az általuk szervezett számos csapatépítő programon is részt vettek a résztvevők. December 9-én a TOP 5 csapatnak lehetősége nyílott egy prezentációval eldönteni a végső sorrendet. A prezentáció fő témája az Északi-tenger és az ott felmerülő mérnöki problémák megoldása volt. A nyolc fős zsűriben és a több mint 100 fős meghívott közönség között is nemzetközileg elismert szakemberek voltak.

FJ

Vezetőségválasztás a Szilárdásvány Bányászati Tagozatban

Az előzetes értesítésnek megfelelően 2015. december 10-én megtartotta tisztújító taggyűlését a Magyar Mérnöki Kamara Szilárdásvány Bányászati Tagozata.

A taggyűlés elfogadta az elnökség beszámolóját, majd *Sztermen Gusztáv* elnök lemondása után megválasztotta az új elnökséget – elnök: *Németh László*, vezetőségi tagok: *Bariczáné Szabó Szilvia, Benkovics István, dr. Debreczeni Ákos, dr. Szabados Gábor, Livo László, Kiss István.*

A leköszönt elnök és vezetőség eddig végzett munkáját megköszöni és új vezetőknek sok sikert és kitartást kíván:

Dr. Bohus Géza