

Egyetemi doktori (PhD) értekezés tézisei

**AZ ÓZDI KOHÁSZAT ANYAGFORGALMÁNAK
KÖRNYEZETFÖLDTANI ÉS GEOKÉMIAI VETÜLETEI**

PhD thesis

**ENVIRONMENTAL GEOLOGICAL AND GEOCHEMICAL
ASPECTS OF THE MATERIAL FLOW OF METALLURGY IN
ÓZD**

Koleszár Péter

Témavezető: Dr. Kozák Miklós

**Külső konzulens: Dr. Grega Oszkár
Póczos József**



**DEBRECENI EGYETEM
Földtudományok Doktori Iskola**

Debrecen, 2015

BEVEZETÉS

Ózd az 1847-re felépült kohászati műveivel a történelmi Magyarország egyik legjelentősebb ipari központjává vált. Az egykori ipartelepítést indokolták a felvidéki és rudabányai ércbányák, a Nyugat-borsodi Szénmedence itt és a környéken feltárt hatalmas miocén barnakőszén készlete, a Sajó-folyó közelsége és egyéb szempontok. Jelentősége Trianon után tovább nőtt, a centenáriumát követő évtizedekben a voluntarista jellegű, szocialista nehézipar fejlesztés pedig már irreálissá fokozta kohászatunk e harmadik fellegvárának szerepét és méreteit (pl. 13000 fő dolgozó).

A mindenkori gyári vezetés szakmai felkészültségének köszönhetően lépést tartottak a technológiák korszerűsödésével, így saját szabadalmak (pl. gázkavaró kemence) mellett egymást követték a technológia fejlesztések és váltások. 1895-től működött a Martin Acélmű, amihez már nagy tömegben használtak fel helyi kőszén. 1906-tól működött az első két nagyolvasztó, amelynek salakját és a vele együtt képződő szénsalakot már nem a Hangony-völgy mocsaras térszínének feltöltésére használták, hanem létrehozták a Tekerős-völgy (Hétes) máig működő, hatalmas salakdepóniáit, kiépítették az iparvasutat, majd a salakfeldolgozó művet. 1985-től működik a centeri depónia és salakfeldolgozó. A két salaktároló hely együttműködésben osztályozza, törli, szeparálja és részben újrahasznosításra előkészíti az arra alkalmas salakokat.

Az ezredforduló előtti rendszerváltás a hazai nehézipar túlnyomó részének szétesését, megszűnését hozta, és e téren Ózd (és Borsodnádason a Lemezgyár) a leghátrányosabb ilyen vidéki központként csaknem teljesen leépült. A gyár létesítményeit lebontották, még ipari műemlék is alig maradt belőle. Egyedül az 1976-ban beüzemelt és ma is korszerű RDH (Rúd, Drót Hengermű) maradt meg Ózdi Acélművek Kft. néven, amit 1995-ben eladtak Max Aicher német vállalkozónak, aki megvásárolta a centeri salakfeldolgozót is, amely ma Aicher Beton Kft. néven üzemel. A hengerműhöz 2000-re felépítették az új, ma is működő Mini Acélművet. A komplexumban 420 fő dolgozik, akik évente 0,34-0,50 millió tonna hengerelt acélárút képesek előállítani.

Az elmúlt 170 év alatt több technológia együttesen hatalmas tömegű, eltérő minőségű és összetételű kohászati salakot és hulladékot hozott létre, s ennek csak kis része lett másodlagosan hasznosítva. E disszertációban a történelmi ózdi kohászatnak és a ma működő Ózdi Acélművek Kft.-nek élő és élettelen környezetét, technológiáit, továbbá melléktermékeit vizsgáltuk meg a környezeti hatások szempontjából. Vizsgálataink kiterjedtek az alapanyagok, a gyártás során képződő acéolvadék, a salakok és szállóporok, mint melléktermékek anyagvizsgálatára, a régi és új kohászati műveleti területekre, a salakhányók és salakfeldolgozó térségére, a salakos völgyfeltöltésekre. Mindezt a tágabb és szűkebb földtani környezetbe ágyazottan igyekeztünk hatásaiban elemezni. A múltba visszanyúló kutatások pontossága az idő növekedésének függvényében csökken, számos tekintetben hiányos, részben hipotetikus, mivel a régi gyár létesítményeit az ezredforduló előtt lebontották, a fennmaradt dokumentációk hiányosak.

ANYAG ÉS MÓDSZER

A téma feldolgozását időszerűvé tette, hogy az 1990-es évek közepéig Magyarországon a környezetvédelem nem volt kellően erős, szabályozott és EU kompatibilis, ezért munkámhoz hasonló átfogó vizsgálat Ózdon még nem történt. A feladatot nehezítette, hogy egyidejűleg kellett vizsgálni a gyár telephelyének és a települési környezetnek a földtani képződményeit, szennyezésérzékenységét, a kohászat élővilágra gyakorolt hatását, valamint a vas- és acélgyártás technológiáit, ezek nyersanyagait, melléktermékeit, a kikerülő salakok és

hulladékok lehetséges környezeti hatásait. A feladat összetettsége miatt e tanulmány határterületen mozog a geológia, mineralógia, geokémia, cönológia, a kohászat és anyagtudomány, illetve a környezetvédelem között. Ertelemszerűen emiatt a kidolgozás nem lehetett egyensúlyos, hiszen az messze meghaladta a disszertáció kereteit, de a fő területek részletesebb elemzése mellett kijelölhető és lerakható volt egy jövőbeli részletesebb kutatás alapja.

A sokféleség miatt 18 féle anyagvizsgálatra került sor, ezek típusát, célját és laboratóriumi hátterét az alábbi táblázat mutatja be.

VIZSGÁLAT TÍPUSA ÉS A VIZSGÁLATI LABORATÓRIUM	száma
Adattári és múzeumi hely- és ipartörténeti adatgyűjtés, terepbejárások	30
Mintavétel, előkészítés (<i>talaj, víz, növény, acél, salakok, szállópor</i>)	200
Szemeloszlás, talajmechanikai (<i>DE Ásvány- és Földtani Tsz.</i>)	9
Cönológiai és ökológiai terepi megfigyelések	20
Mikroszkópi vékonycs. (<i>DE Ásv.- és Földtani Tsz., ME Ásv.- és Kőzettan</i>)	15
Metallográfiai vizsgálatok. (<i>ÓFE KHT, ME- MAK Any. Tud. Int</i>)	10
Termikus analízis (<i>DE Ásvány- és Földtani Tsz.</i>)	15
XRD (<i>MÁFI RTG Lab., ME – MAK, ME-MFK</i>)	31
SEM vizsgálatok (<i>DE-TTK. Szilárdt. Fiz. ME - MAK Any. Tud. Int.</i>)	10
Vízvizsgálatok (titrim., spektrofotometria, <i>ICP-OES (Furol Kft.)</i>)	2
Salak, víz, főelem, nyomelem (<i>ICP-OES. Furol Kft, DE Ásv.- és Földt.</i>)	73
Növény, talaj nyomelem vizsg. (<i>ICP-OES DE-ATC Kém Lab.</i>).	5
Salak, hozag C, S tart. (<i>Marsh kem., ÓFE KHT, LECO CS-125 OAM Kft.</i>).	77
Fémek színképelemzése (<i>Spark-OES OAM Kft. Ózd</i>)	123
Fémbevonatok mélységprofil elemzése GD-OES (<i>ME-MAK Any. Tud. Int.</i>)	2
Dózteljesítmény (<i>Radet készülék ÓFE KHT Ózd</i>)	9
Szoftverek és térinformatika	5
Saját fotódokumentáció	
	Σ645

A 640 körüli mintaelemzés a debreceni és miskolci egyetemek több tanszékén, a Magyar Földtani és Geofizikai Intézet (MFGI, korábban MÁFI) anyagvizsgáló laboratóriumában, valamint két ózdi gyári laboratóriumban készült. A fotódokumentáció többsége saját felvétel, az ábrák többsége szintén. Forrást csak azoknál tüntettem fel, ahol részben, vagy teljesen átvett anyagot építettem a szövegbe.

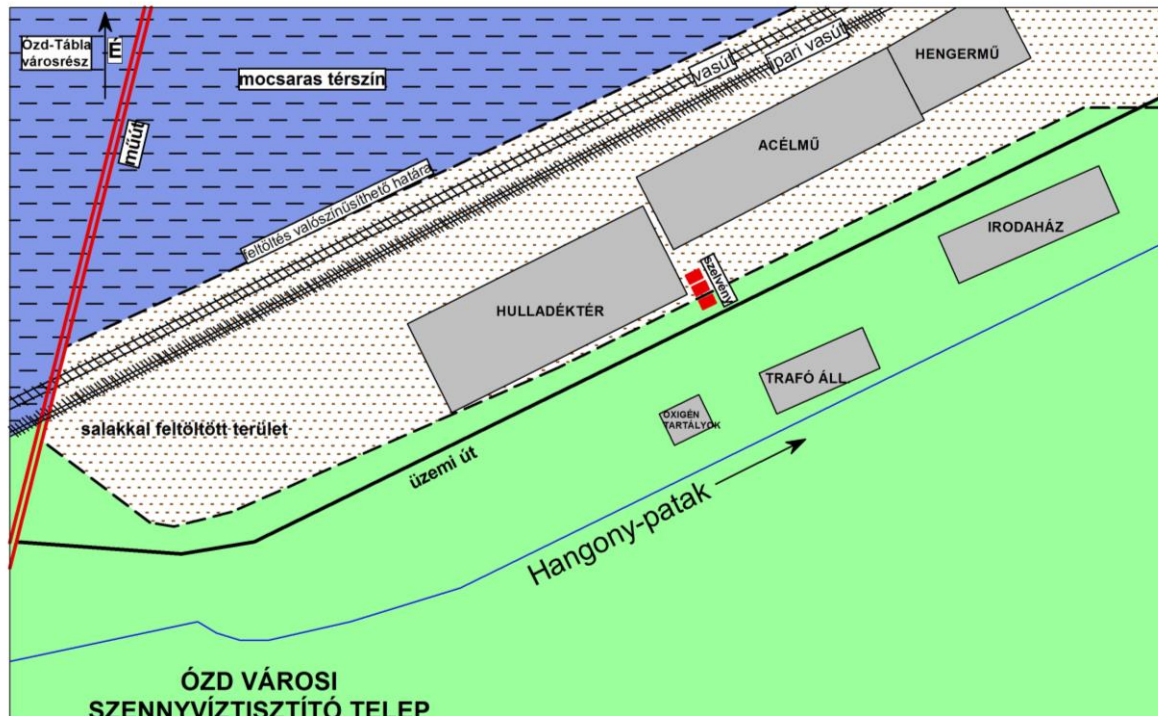
Munkánk egyik lépéseként azt vizsgáltuk, hogy az alapanyagok milyen hatással vannak a nyersacél és a melléktermékek (salakok és szállóporok) minőségére, és ezek hogyan befolyásolják a gyártás körülményeit, valamint a kihazatalt. A kapott adatokból próbáltunk következtetni a melléktermékek potenciális környezeti viselkedésére és a lehetséges hasznosíthatóságukra, hogy az újrafelhasználással minél több környezetre veszélyes anyag vonódjon ki a kohászati anyagforgalomból.

EREDMÉNYEK

1. tézis: Ózd bel- és külterületének földtani formációi terepi bejárások és laboratóriumi anyagvizsgálatok alapján nem-, vagy csupán csekély mértékben szennyezésérzékenyek.

Az uralkodóan oligocén és miocén során lerakódott sekélytengeri slír, agyag, illetve homokkő összetételű litosztratigráfiai egységek általában finomszeműek, tömött szemcseilleszkedésűek, melyek tömörödését az uralkodó ÉÉNy-i vergenciájú kompressziós erők változó mértékben fokozták, s ezt az aljzat változásait kísérő vetősíkok menti mozgások tovább erősítették. A formációk jelentős mennyiségben tartalmaznak közetliszt frakciót és gyakran 3-30% közötti (esetenként max. 40-60%-nyi) duzzadóképes, főként tufogén eredetű montmorillonit és alárendelten illit-montmorillonit agyagásványokat, illetve ilyen közbetelepüléseket. Emellett előfordulnak agyagmárga, márga rétegek, valamint gyakran karbonátos cementáló anyagok. Ezek kitűnő vízzárók, illetve ioncsere kapacitásuk révén megkötik a nehézfémeket és egyéb toxikus anyagokat. A felszínen nagy kiterjedésben, de kis vastagságban (dm-m) foltokban vízrekesztő képességű pleisztocén vörösayag található. Szemcsevizsgálatok, XRD, DTA, mikromineralógia és talajmechanika segítségével több formáció anyagát elemeztük elsősorban ásványos összetétel szempontjából, s indokolt esetben konzisztenciálisan és vízrekesztési képesség szempontjából is.

Ide vonatkozó vizsgálataink részben közleményekben jelentek, illetve jelennek meg. Itt példaként az Acélmű üzemi területének helyszínrajzán (1. ábra) felvett sekélyföldtani szelvényt és rétegeinek jellemzőit (2. ábra) mutatjuk be. Kezdetben a vizenyős allúvium feltöltésére 1-2m (néhol több méter) vastagságban, nagy területen szétterített szén- és kohósalakoknak ma már nincs semmilyen környezeti hatása, kimosható károselem-tartalma, viszont alapozási szempontból a heterogenitásuk miatt instabilak.



1. ábra A jelenleg működő Ózdi Acélmű (OAM) üzemterülete a fontosabb létesítményekkel, az allúvium egykori salakfeltöltéseinek körülbelüli határaival és a 2. ábra sekélyföldtani szelvényének nyomvonalával.

2. tézis: Napjainkra megszűnt a Sajó-folyó vízi úton történő szennyezése Ózd és Borsodnádásd irányából.

A terület földtani térképén bejelöltük a salakfeltöltéses alluviális térszíneket és a nagyobb salak- és hulladékdepóniákat. Korábban az ózdi kohászat vízi úton nagy tömegű szennyeződést szállított, hozzájárulva ahhoz, hogy a Sajó hazánk egyik legszennyezettebb vízfolyása lett. Mára ez az állapot megszűnt. A salakhányók kifolyó vizeiben vizsgálataink szerint csupán vas mutatható ki anomális mennyiségben. A Mini Acélmű szennyvizeit az üzem területén, illetve a városi szennyvízkezelő telepen tisztítják, bár ennek kapacitását legalább 20%-kal bővíteni kellene. Sajnos a Hangony mederszabályozásai (nyomvonal kiegyenesítés, mederburkolat, árterek salakkal való feltöltése) miatt megnőtt a belső ártéri árvízveszély, melynek kiküszöbölésére nem elegendő egy oldalvölgyi záportározó gát.

A kohászati salakoknak laza törmelékes szerkezetük és nagy porozitásuk van, ezért a velük feltöltött térszíneken (pl. a Hangony árterének egy részén), a talajvízszint közelsége miatt felváltva érintkeznek csapadékvízzel, az ingadozó szintű talajvízzel és levegővel. E miatt fokozottan ki voltak és vannak téve az oxihidratációs hatásoknak. Ez a laza szerkezetű, salakfeltöltéses térszín minden, a fluidumokkal potenciálisan mozogni és beszívárogni képes szennyezésre a nagy átteresztőképességük miatt érzékenyek, tehát ezek környezetében különösen kerülendő minden olyan tevékenység, ami szennyező hatású (pl. benzinkút, autómosó, szerelő műhely, gépállomás). Példa van rá, hogy ahol ilyen létesítettek nem megfelelő szigetelésekkel, ott a gyorsan jelentkező káros hatások miatt e tevékenységeket fel kellett számolni. Mindebből az következik, hogy a kohósalakokkal és szénsalakokkal feltöltött völgytalpi területeken csakis szigorúan ellenőrzött, jól behatárolt építmények telepíthetők és kontrollált tevékenységek folytathatók. Fontos lenne, hogy e területek kiterjedéséről, szerkezetéről, anyagáról, feltöltési vastagságáról, megfelelő térképek, szelvények, anyagvizsgálatok álljanak rendelkezésre, s e területeket a környezetföldtanilag fokozottan szennyezésérzékeny kategóriába soroljuk, szemben a feltöltésmentes, természetes térszínekkel, ahol a földtani formációk kellően vízzáróak (lásd 1. tézis). Az üzem területén megkíséreltük lehatárolni a salakfeltöltésű területrészeket (*1. ábra*).

3. tézis: A régi, 100-150 éves kohászati salakoknál tapasztalt mineralizációs és mállási folyamatok során anyagvizsgálatainkkal semmilyen károsanyag kioldódását nem észleltük.

E vizsgálatokkal sikerült bizonyítanunk, hogy a jelenlegi recens salakokban kimutatható ásványok e régi salakokban már nagyrészt nincsenek jelen, mivel többségük elbomlott és/vagy kimosódott, illetve már csak nyomokban mutatható ki. A mállásuk során képződő másodlagos ásványok viszont többnyire azonosíthatók. A másodlagos kiválások nem jelentenek veszélyt a környezetre, illetve jellegükből adódóan még bizonyos mennyiségű nehézfémeket is képesek megkötni, s így hatástalanítani. A Tekerős-völgyet kitöltő salakok rátelepednek a völgyfőből eredő forrás lefutó vizére, ami így hosszan érintkezik a salakdepóniákkal, összegyűjtve azok csurgalékvizeit is. A település szélső házainál felszínre lépő vízfolyás vízmintáinak elemzésekor nem lehetett bennük semmilyen oldott, környezetre káros, vagy toxikus anyagot kimutatni. Az elemösszetételében a vas és kalcium-hidrogénkarbonát mutat nagy koncentrációt, ami a salakok maradvány fémtartalmával és a málláskor kicsapódó karbonátokkal hozható kapcsolatba.

A ma termelődő olvadt acélműi salakot az Aicher Beton Kft. centeri salakárkába öntik, amit vízágyúkkal hűtenek. E salakok kezelése során a hűtésére használt víz egy része elpárolog, a maradék csurgalékvizet a salakárok drénezett ágyazati rétegén keresztül

összegyűjtik és visszaforgatják a vízágyúkhöz. Időnként az elpárolgott vizet friss ipari vízzel pótolják. A salakok hűtése során nem kerül csurgalékvíz a környezetbe. A lehűtött és visszatermelt salakok pihentetése során azok szabad mész tartalma lassan megkötődik, beindulnak a korábban említett mállási folyamatok, amelyek nem jelentenek veszélyt a földtani és egyéb környezetre.

4. tézis: Bár a hagyományos vaskohászat légi úton erősen terhelte a lakótelepi környezetet, a mai Mini Acélmű esetében ilyen légszennyezés már nem mutatható ki.

Az elmúlt 170 év ózdi kohászata a légszennyezés által közvetlen és közvetett hatással volt a települési környezetre, bár ennek pontos mértéke és időbeli alakulása – néhány szórvány adattól eltekintve – ma már követhetetlen. Vizsgálatunk alapján a mai acélmű környezetében nem mutatható ki egyértelműen olyan por és légszennyezés, amely a kohászati tevékenységre vezethető vissza, mivel az eljárások igyekeznek megfelelni a mai szigorú környezetvédelmi követelményeknek. Hullópor próbaméréseink csupán a természetes eolikus finom kőzetliszt szemcsék kismértékű mozgását és csekély lakossági tüzelésből származó fűtési idénybeli pernyét tudtak kimutatni. Sajnos mintagyűjtő porfogóinkat megrongálták.

Az OAM létrejötte előtti kohászati tevékenység viszont technológiától függően különböző kiterjedésű körzetekben szennyezte a területet, elsősorban olyan porokkal, amelyben jelen voltak a nehézfémek is. Idősebb visszaemlékezők szerint az 1950-es éveket követő 30 évben a gyár füstgázokkal együtt érzékelhető szaghatással (pl. SO_2 , H_2S) és kiporzással szennyezte a mainál nagyobb kiterjedésű belterét és a külső környezetét egyaránt. Ezek mértékéről és távolhatásáról azonban egzakt vizsgálatok nem készültek. A KÖJÁL felügyelete mellett történt ugyan porszennyezés mérés 1984-ben, de ezek nem lettek részletesen kielemezve és nem kísérték hatékony környezetvédelmi intézkedések.

Az általunk vizsgált terület az egykori kohászat immisziós zónájában fekszik, ezért az itteni talajmintákban nem lehet egyértelműen eldönteni, hogy a benne megjelenő fémpor szennyezésnek lehet-e oka valamely mai tevékenység is, vagy az csupán a korábbi működés következménye. Megismerve a technológia részleteit és elvégezve néhány kontrol vizsgálatot, bizonyos, hogy ezek a régi gyár egykori működésének talajba bemosódott nyomai. Ennek pontos kiterjedését csak egy széles körű, nagy számú talajmintavétel és elemzés tisztázhatja.

Jelenleg a közlekedésből és a lakosság fűtéséből származó károsanyag emisszió nagyobb mértékű, mint az ipari eredetű kibocsátás. A közlekedésből származó légszennyezettséget a területen átmenő nagy teherforgalom okozza. A dízelüzemű tehergépkocsik kipufogógázai nem elhanyagolható források.

Az emissziós források elkülönítése során a szerves szennyezőkön kívül a nehézfémek Zn, Pb, Cd, Ba stb. esetében is gondot jelenthet a lakossági hulladékkal történő tüzelés és a közlekedés. A rendelkezésünkre állt adatok és megfigyeléseink azt sugallják, hogy ezek a hatások metodikai problémákat vetnek fel, az eredetük és hatásuk átfedései miatt.

A légszennyezettség esetében a környező településrész lakosságának szilárd tüzelésből eredő diffúz szennyezése károsítja jelentősen a városrész levegőjét. A lakossági tüzelőberendezések – az ívkemencével szemben – nem rendelkeznek semmilyen füstgáz utánégető és porleválasztó rendszerrel, ezért gyaníthatóan a kimutatható szerves mikroszennyezők (pl. PCB, PAH, dioxinok) jelentékeny hányada ilyen eredetű lehet. A térség medence jellegű időjárásának köszönhető gyakori inverziós légállapot miatt nagy a London típusú szmog kialakulásának esélye és gyakorisága, ami főként télen jellemző (általában ilyenkor szünetel az acélmű termelése).

A minden tekintetben megnyugtató megoldást egy olyan monitoring rendszer kiépítése jelentené, amely a mai potenciális szennyezőforrásoktól logaritmikus léptékben távolodva viszonylagos rendszerességgel mérné a levegő gázainak összetételét és a hulló por

mennyiségét és minőségét. Utóbbinál megjegyzendő azonban, hogy a környező területek homokos, löszös üledékeiből az erősebb szelek ma is elmozgatják a kőzetliszt és homokliszt méretű üledékszemcsék egy részét, amely természetes eolikus üledékképződésnek tekinthető, ez azonban – tapasztalataink szerint – jól megkülönböztethető az ipari eredetű poroktól, pernyéktől, koromtól, és egyéb aeroszoloktól.

5. tézis: A jelenlegi Mini Acélmű tevékenysége vízi és légi úton nem szennyezi sem a közvetlen, sem a távolabbi környezetét, ilyen kibocsátást nem tudunk kimutatni.

Az eddigiekben a természeti adottságokkal és a tágabb külső és belső terekben jelentkező környezeti hatásokkal foglalkoztunk, a következőkben viszont a jelenlegi acélműi tevékenységhez közvetlenül kapcsolódó folyamatok környezeti hatásait tesszük vizsgálat tárgyává.

Az acélhulladékok fémes mátrixa maradó ötvözőelemekben általában szegényebb, mint a terméként kapott nyersacél. A leégési veszteség a várható trendnek megfelelően dúsítólag hat az acélban maradt ötvözőkre. Az acélban a kén tartalom jelentős része a korróziós termékekből, illetve a salakhabosítóból és a felhasznált öntöttvas/automata acél hulladékból ered. A P túlnyomóan a szürkeöntvényekből és a festett bevonatokból származik. A Cr, Mn, V stb. ötvözők nagyrészt a hulladék keverék anyagából jutnak a rendszerbe. A Ba, Pb, Zn, Cd a fémes festett és horganyzott bevonataiból származhat. Ezeket megfigyeléseink alátámasztották, de az észlelések a mennyiségi arányok távlati megítélésére alkalmatlanok.

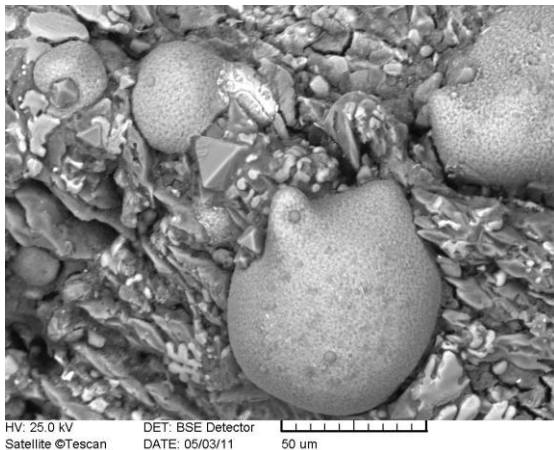
A fenti elemek részben a salakokban jelennek meg, másrészt a füstgázokban és szállóporokban koncentrálnak. A salakok zárt rendszerben kerülnek feldolgozásra, a gáz- és porelszívás pedig jó hatásfokú ahhoz, hogy ilyen szennyeződések a mai üzem területéről ne jussanak ki. Egy ilyen üzem esetében még akkor sem következne be tragikus környezeti hatás (havária), ha az üzem épületét egy természeti katasztrófa (pl. földrengés) lerombolná.

A maradó ötvözők közül bekerülő Cu és Sn növeli a hengerlésre kerülő acéloknál a melegtörékenységet, a kén és a réz pedig a vörös törékenységi hajlamot. A Ni betonacélban maradék ausztenitet képezve fokozhatja a maradó feszültséget. A sok króm erősen lerontja a hegeszthetőséget. Általában ezek a kedvezőtlen hatások elhanyagolhatóak az Ózdi Acélművek Kft-nél, tehát egyenletesen jó minőségű termékeket tudnak előállítani. A problémák elkerülése érdekében törekednek a betétanyagok összetételének minél pontosabb ismeretére. Vizsgálataink szerint az acél maradó szennyezői illetve a S és P tartalma a különféle bevonatokból származik. A fémes mátrix jó minőségű acélhulladék. Az egyenletesen jó minőség biztosítása környezetvédelmi és gazdasági érdek, mivel ez által minimumon tartható a salak és selejt képződése.

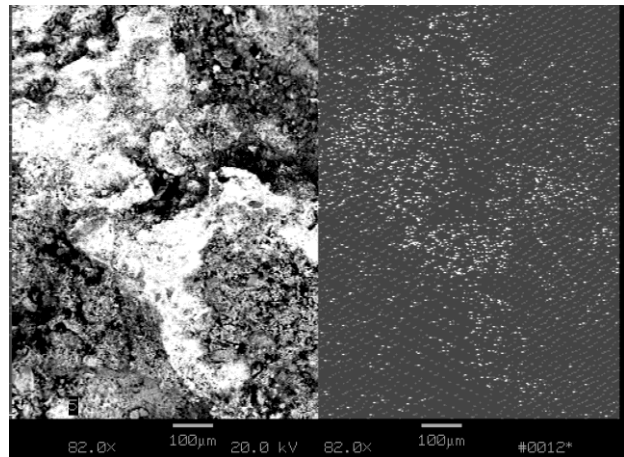
A fémhulladékok szakszerű előkészítésével az ötvöző szennyezettség mérsékelhető. Az eddigi vizsgálatainkból megállapítható, hogy sem a salakok, sem a szállóporok nem jelentenek környezeti veszélyt. Ennek egyik oka, hogy a korábbi vas- és acélgyártási technológiákhoz képest lényegesen kisebb a felhasznált nyersanyagok, a képződő salakok és szállóporok mennyisége, másrészt ezek már olyan korszerű, zárt, illetve félig zárt folyamatok, ahol kontrollálva és kezelve van a kikerülő melléktermékek csaknem teljes mennyisége. E mellett folyamatosan történnek kísérletek a költséghatékonyság és a környezeti biztonság növelésére, valamint a hulladékok és melléktermékek minél teljesebb és gazdaságosabb újrahasznosítására. Ennek eredményeként máris látható, hogy az Ózd határában a jelenlegi gyártásból kikerülő, helyben felhalmozott salakok mennyisége csupán elenyésző töredéke a korábbiaknak, s ezek is megfelelő kezeléssel közömbösíthetők.

6. tézis: A salakok depóniában való viselkedését, hatását és hasznosíthatóságát a gyártási technológia mellett a salakkezelés, a salak bázicitása, valamint duzzadóképesége és fémtartalma határozza meg.

A primersalakok potenciálisan veszélyesnek tartott nehézfémek a Cr és a Ba, a vizsgálataink szerint stabil ásványokba vannak beépülve (3. ábra). A króm döntő részben kromitot képez, kisebb részben Cr^{3+} -ként a melilit ásványba épül be az Al-ot helyettesítve. A Cr^{3+} ezen kívül a vas helyére is beépülhet a salakok oxidos kalcium-ferrites fázisaiba (pl. srebrodolskit, CaFeO_3 , CaFe_2O_4 stb.). Ilyen beépüléssel igen nagyszámú hasonló vegyület jöhet létre a pillanatnyi környezeti körülményektől függően. Ritkábban a Cr^{2+} is beépülhet a wüstit szerkezetébe az Fe^{2+} helyére. Az oldási vizsgálatainknál megjelenő nagyon kevés kioldódó króm e források valamelyikéből származhat. A krómhoz képest ~100-szoros nagyságrendű mennyiségben oldatba lépő vas az esetlegesen megjelenő Cr^{6+} -ot Cr^{3+} -má redukálja. Ez a mechanizmus analitikai szempontból növeli a Cr^{6+} meghatározás bizonytalanságát, az enyhén lúgos kémhatás pedig csökkenti a mobilizálhatóságát. A Ba is hasonló módon kerül a melilitbe, ahol a Ca-ot és a Mg-ot helyettesítheti és leggyakrabban baritként válik ki (3. ábra).



A



B

3. ábra Ózdi kohászati salakok töretének elektronmikroszkópi felvétele.

A/ kép: Primer salak felvételén fémcseppek között kromit oktaéderek, vegyes összetételű (oxidos, szilikátos) mátrixban

B/ kép: Mállott kohósalak felületének rendszámkontraszt felvételén barit kiválások (világos foltok) láthatók vegyes összetételű (karbonátos, szilikát hidrátos) mátrixban

Mivel Ózdon a salakok többnyire mérsékelt-közepesen bázikusak, így ezeknél főként a larnit és a Ca-ferritek jelenthetnek hasznosíthatósági problémát, ami közvetve meghatározza a környezetbe jutó melléktermék hányadot. A larnitba a Ca-helyére beépülő idegen atomok (Mg, Fe, Mn) lelassíthatják ezt a folyamatot. A Ca-ferritek nedves környezetben szétmállanak. Összességében ezek a salakok nem térfogatállóak. A salakolvadék alapvetően kétfázisú eutektikum. Környezetvédelmi szempontból ennek az állapotnak a megőrzése előnyös, ami a salak granulálásával valósítható meg. A króm egy része beépül a gehlenit szerkezetébe, az Al helyére. A foszfor jelentős részben a larnitos fázisba épül be, valószínűleg nagelschmidtitet képezve. A bárium tartalom a mállás során a salak felszínén baritként csapódik ki, ami környezetileg inert. Ezt a baritot – kis mérete és rendszertelen eloszlása miatt – XRD és SEM vizsgálattal mutattuk ki.

Az üstkemencénél képződő salakok erősen bázikusak, nagy szabad mésztartalommal. Ezek fő ásványai XRD és SEM felvételeink alapján: larnit, bredigit, monticellit, merwinit,

mayerit és a CaO, de nyomokban megjelenhet az alabandit (MnS) is. Az FeO tartalmuk gyakorlatilag elhanyagolható, hűlés közbeni módosulátváltozás miatt porrá hullik szét, amelynek a hasznosítása nem megoldott. Ez a porladt anyag nedvesség hatására előbb tixotróp masszává válik, majd idővel a betonhoz hasonlóan megköt, különféle kalcium-szilikát–aluminát-hidrátokat képezve: tobermorit, xonotlit, jasmundit spurrit stb. formájában, amelyek azonosítása nehezkesebb és bizonytalanabb a gyenge kristályosodottságuk miatt, ezért termikusan sikerült jelenlétüket valószínűsíteni. A barit jelenlétét itt is kimutattuk.

A betonacélok zárványtartalmában vizsgálataink szerint jelentős részt tesz ki a periklász, illetve más olyan MgO tartalmú ásvány, amilyen például a spinell. Tapasztalataink szerint a magnéziumoxid tartalom gyakran kétszerese az alumínium-oxid mennyiségének. Ez növelheti a kagylószerűkockázatát, ami közrejátszhat a selejt képződésében, tehát ez minden szempontból – így környezetvédelmi szempontból is – káros.

7. tézis: A szállóporok mintázása, elemzése lehetővé tette annak megítélését, hogy milyen módon, mennyiségben lenne szétválasztható és részben visszanyerhető a bennük lévő fém- és egyéb alkotó tartalom, mivel ez ma Ózdon megoldatlan.

A leválasztásra kerülő szállóporok két fő fázisa a cinkit és a franklinit, ezekben dúsul a cink. Vizsgálataink szerint a Zn átlagosan 65 %-a cinkitként van jelen, ami hidrometallurgiai módszerekkel könnyen kinyerhető. Jellegzetessége még ennek a szállóporoknak a 9-10% vízzeloldható ásványtartalom, ami főként kősó, kálisó és aphtitalit. Ezek az ásványok korrozívak. Pirometallurgiai előkészítés (zsugorítás) során a halogenid sók illósítják a Pb-ot. A leválasztott szállóporok vizes mosásával azonban azok veszélyessége nagyban csökkenthető. A szállóporok foszfortartalma jóval nagyobb, mint az ívkemence salakokban. Ennek forrásai főleg különféle bevonatok és műanyag hulladékok lehetnek.

Bár a szállópor többféle fémet is tartalmaz (pl. Pb, Ag), leginkább az uralkodó mennyiségben jelenlévő Zn visszanyerése lenne célszerű és gazdaságosan megoldható.

8. tézis: Ózdon a 170 év alatt felgyűlt kohászati salakok utóhasznosítása nagyon mérsékelt, több irányban és nagyobb mennyiségben lehetne kiaknázni a benne rejlő lehetőségeket, ami egyszerre lenne előnyös környezetvédelmi és költséghatékonysági szempontból.

Korábban az építőipari hasznosítás volt szinte egyedüli salakfeldolgozási mód, de ez ma igen kis mértékű, noha több salaktípus is alkalmas ilyen célokra. Szennyvíztisztításra megfelelő szemcseméretű formában, szűrőágyként gyakorlatilag minden ózdi salaktípus felhasználható, kivéve a kazánsalakot. A bázikus salakok a szennyvíznek a foszfortartalmát tudják a leghatékonyabban megkötni, ami megelőzné az élővízbe visszajuttatott tisztított szennyvíz okozta eutrofizációt. Savas bányavizek közömbösítésére szintén a bázikus salakok alkalmasak, bár ilyen igény ma Pannon-medencében valószínűleg nem merül fel. Egyik legígéretesebb hasznosítási mód a talajjavítás lehetne, mivel a Sajó-völgy és a közeli dombsági területek agrokultúr területein ilyen módon jól hasznosítható lenne. Mivel a térségben a leggyakoribbak az agyagbemosódásos barna erdőtalajok, ezek savanyúságát a bázikus salakörlemények előnyösen közömbösíthetnék. E mellett vívízanyagai lennének a bennük rejlő biológiailag hasznos mikroelemeknek és a mesterségesen hozzájuk adagolt egyéb hatóanyagoknak (pl. alkáliák, nitrátok, növényvédőszer). A szulfid tartalmú salakok (kohó és szekunder) valószínűsíthetően enyhén gombaölő hatásúak lehetnek a bennük lévő kéntartalom miatt, amit kísérletileg igazolni kellene a felhasználás előtt

Az építőipari hasznosítás több irányba kiterjeszhető lehetne, főként olyan területeken, ahol nagy tömegű, de toxikus anyagot nem tartalmazó granulátumot vagy örleményt lehetne beépíteni az útalapok töltésébe, felszámolásra ítélt pinceüregek tömedékelésére. Erre a célra kifejezetten alkalmasak a bázikus acélgyártási salakok, amelyek nem térfogatállók, és hasznosításuk egyéb célra nem lehetséges. Változékonny duzzadóképeségük előnyös az üregkitöltéseknél.

A fentiek megvalósításához viszonylag egyszerű módon, kis költséggel kiépíthető lenne az üzemi technológiai háttér a nagydepóniák közvetlen környezetében, (Tekerős-völgy, Center). Ezek megvalósítása évtizedekre megfelelő foglalkoztatást jelenthetne a munkanélküliséggel küzdő, de gyáripari tapasztalattal, vagy hagyománnyal rendelkező családok egy része számára. Így viszonylag gyorsan megszüntethető lehetne a salakhegyek tömegének jelentős része, ami növelné a kohászat jövedelmezőségét, így fontos szempont és lehetőség a helyi sport, a civil szervezetek és más szervek anyagi támogatása szempontjából.

9. tézis: Javaslom egy új tudományterület elkülönítését scoriológia néven. Ennek feladata a bányászati, kohászati, energetikai (hőerőművi, atomerőművi) építőipari, cserép-, téglá-, beton- és üvegyipari meddők, salakok, pernyék, törmelékek, selejtek, melléktermékek anyagának vizsgálata, rendszerezése, minősítése, veszélyességének megállapítása, szükség esetén közömbösítése, szállításának, tárolásának, feldolgozásának megoldása, utóhasznosítási módjainak keresése és kikísérletezése.

E folyamatok vizsgálatával és ezeknek a magas hőmérsékleten képződő salakoknak, illetve salakszerű melléktermékeknek a hasznosításával, kezelésével, tárolásával illetve semlegesítésével foglalkozó interdiszciplináris tudományterületet célszerű lenne összefoglalóan *scoriológiá*-nak nevezni. A scorio- görög-latin eredetű szó, jelentése salak, a logia görög kifejezés, ami tudományt jelent. Ez tehát egy összefoglaló, egyértelműsítő elnevezés, gyakorlatilag egy „terminus technicus”. Ez összefogná, szintetizálná a már eddig is létező, látszólag egymástól sokszor elkülönülten működő, különféle diszciplínák felől közelíthető tudományterületi ismereteket. Az azonos objektumot-közeget (salak, salakszerű melléktermékek, pernyék) létrehozó, kezelő, vizsgáló, felhasználó tudományok a teljesség igénye nélkül a bányászat, a geológia és segédtudományai (pl. mineralógia, petrográfia, teleptan, melioráció), energiaipar (szén-, szénhidrogén-, hasadóanyag erőművek, biomassza erőművek.), kohászat, fémtan, építőipar, kerámiatan, vegyipar, specifikus iparágak (pl. petrurgia) környezettan-környezetvédelem, stb.

Eredményeik szintézisével újabb, iparilag is hasznosítható eredmények születhetnek (pl. tartósabb tűzálló bélések). Ez az új tudományterület többek között a hulladékszegény technológiák kialakításához nyújthat hasznos segítséget. Másodsorban e melléktermékek gazdaságos hasznosítása által a természetes erőforrásokkal való takarékosabb gazdálkodást segíti. Ezen kívül jól értékesíthető, profitábilis termékeket képezhet a sok melléktermékkel működő iparágakban. Így például a bányászatban a kiégett szén- és egyéb meddők anyagának hasznosítása, az energiaiparban az erőművi pernyék és salakok kezelése és részbeni hasznosítása, atomerőművi hulladékok kezelése, hatástalanítása, raktározása, a kohászatban a kohászati salakok feldolgozása és részbeni újra hasznosítása stb. Az építőipar főként tereprendezésnél, töltéseknél, rézsüknél, út- és egyéb alapoknál illetve építőipari adalékanyagként hasznosíthatja a salakokat és pernyéket.

INTRODUCTION

Ózd with its smelting establishments became one of the most significant industrial centres of historical Hungary by 1847. Development of the industry was justified by the presence of the ore mines in Rudabánya and at other nearby areas in NE Hungary together with the large coal resources of the West-Borsod Coal Basin and the closeness of the Sajó River. Significance of Ózd increased further after the Trianon Treaty. Voluntarist like Socialist heavy industry development increased the role and size of this third pillar of the smelting industry of Hungary to unrealistically high (13000 workers).

Thanks to the professional knowledge of the leadership of the factory they kept the pace with the modernization of the technologies therefore technological changes and developments besides introducing own patents (e.g. gas mixing furnace) were continuous. The Martin Steelworks started its operation in 1895 and it used local coal in large quantity. The first two nagyolvasztó were installed in 1906 the slag of which together with the coal slag were filled not into the swampy area of the Hangony Valley but the enormous depository in the Tekerős Valley (Hétes) was established together with the industrial railway and the slag processing plant as well. Slag disposal site and processing centre at Center started its operation in 1985. The two disposal sites harmonize their activities in disintegrating, sorting, separating the suitable slags and partly preparing them for reuse.

The regime change before the turn of the millennium brought significant recession in the Hungarian heavy industry and the industry at Ózd was almost completely broken and ceased as it was the most disadvantageous county centre. Establishments of the factory were demolished only a few torsos have been remained as industrial monuments. Only the still up-to-date Rod Wire Roll Mill founded at 1976 survived under the name Ózd Steelworks Ltd. And it was sold to Max Aicher, a German entrepreneur who bought the slag processing factory as well that operates as Aicher Concrete Ltd. today. The Roll Mill was completed with a Mini Mill in 2000 that is still operating today. 420 workers work in the complex with the capacity of 0.34-0.50 million tons of rolled steel products.

Several technologies produced an enormous amount of smelting slag and waste of variable quality in the 170 years and only a small part of this has been utilized. In the present theses the biotic and abiotic environment, technology and the by-products of the former smelting industry at Ózd and of the still operating Ózd Steelworks Ltd have been studied from the environmental effects point of view. This study involved the material research of the base material, the steel melt, slag and settling dust of the production and by-products and the operation areas of the former and recent smelting industry, the areas of the slag heaps and processing factories and the area of the slag valley fillings. These and their effects were analysed in relation to the immediate and the broader geological environment. Studying older processes becomes more and more inaccurate and hypothetical with time as the constructions of the former factory were demolished before the turn of the millennium and the available documentations are incomplete.

MATERIAL AND METHODS

The topic became timely as environmental protection in Hungary was not strong, regulated and EU compatible until the middle of the 1990s therefore no such comprehensive research has been carried out in Ózd so far. The task was made complex by the fact that the geological formations of both the site of the factory and the town and their pollution sensitivity, the effects of smelting on the flora and fauna together with the technologies, raw material and by-products of steel production and the potential environmental effects of the

slags and waste material had to be studied all together. Due to the complexity of the task this work is interdisciplinary at the boundary of geology, mineralogy, geochemistry, cenology, smelting, material science and environmental protection. Unfortunately the study could not be equally detailed due to volume limitations but the basis of a more detailed study in the future has been grounded.

Due to complexity 18 types of material research were carried out the type and laboratory background of which are presented in the Table below.

TYPE OF ANALYSIS AND ITS LABORATORY	No.
Data acquisition and field survey related to local and industrial history	30
Sampling and preparation (<i>soil, water, plant, steel, slag, settling dust</i>)	200
Grain size distribution, soil mechanics (<i>UD, Dept. of Mineral. and Geology</i>)	9
Cenological and ecological field survey	20
Thin-section analysis (<i>UD, Dept. of Mineral. and Geology; UM, Dept. Mineral. and Petrol.</i>)	15
Metallographic analyses (<i>ÓFE KHT, ME- MAK Inst. of Mat. Sci.</i>)	10
Thermal analysis (<i>UD, Dept. of Mineral. and Geology</i>)	15
XRD (<i>MÁFI RTG Lab., ME – MAK, ME-MFK</i>)	31
SEM (<i>DE-Faculty of Science. Szilárdt. Fiz. ME - MAK Inst. of Mat. Sci.</i>)	10
Water analysis (titrim., spectrophotometrics, <i>ICP-OES (Furol Ltd.)</i>)	2
Major and trace elements of slag and water (<i>ICP-OES. Furol Ltd., UD, Dept. of Mineral. and Geology</i>)	73
Trace element of plant, soil (<i>ICP-OES DE-ATC Chemistry Laboratory.</i>)	5
C and S content of slag, flux (<i>Marsh kem., ÓFE KHT, LECO CS-125 OAM Ltd.</i>)	77
Optical Emission Spectrometry of metals (<i>Spark-OES OAM Ltd. Ózd</i>)	123
Depth profile analysis of metal coatings <i>GD-OES (ME-MAK Inst. of Mat. Sci.)</i>	2
Dose rate (<i>Radet device ÓFE KHT Ózd</i>)	9
Softwares and GIS	5
Own photo documentation	
	Σ645

The samples were analysed at several departments of the universities of Debrecen and Miskolc, at the laboratories of the Geological and Geophysical of Hungary (MFGI, former MÁFI) and at the laboratories of two factories in Ózd. Most of the presented photos are own shots as are the majority of the figures. Sources are indicated only if partial or complete material was taken and incorporated into the text.

One of the aims of the research was to study the effects of base material on the quality of the raw steel and the by-products (slag, settling dust) and the influence of these on production conditions and quantity. Based on the results the potential environmental behaviour of the by-products was estimated and their potential utilization was assessed in order to withdraw as much potentially dangerous material as possible from the material flow of smelting.

RESULTS

Thesis 1: Geological formations in and around Ózd are not or only slightly pollution sensitive based on field survey and laboratory analyses.

Lithostratigraphic units composed predominantly of shallow marine schlieren, clay and sandstone deposited in the Oligocene and Miocene are generally fine grained and compact the compaction of which has been increased by compression stress of NNW vergence and movements along faults accompanying the changes in the basement. The formations contain silt in significant amount together with 3-30% of expandable montmorillonite of tufogenous origin (occasionally their ratio is 40-60%) and subordinately illite-montmorillonite clay minerals or intercalations of these. Apart from these, clay marl and marl strata occur as well together with calcareous cementing material. All these are excellent impermeable rocks binding heavy metals and other toxic material due to their high ion exchange capacity. Impermeable Pleistocene red clay is extensive, however, in patches and in small thickness (dm-m) on the surface. Material of several formations has been analysed using grain size distribution, XRD, DTA, micro-mineralogy and soil mechanics studying mainly their mineral composition and in certain cases their consistency and permeability.

Such measurements were partly published or under publication. As an example, the characteristics of the strata in a shallow cross section in the area of the Steelworks (*Figure 1*) are presented (*Figure 2*). Coal and LF slags disposed to fill the waterlogged alluvium in a thickness of 1-2m (several metres at places) have neither environmental effects nor dissolvable harmful element content at all. They are, however, are instable regarding foundation due to their heterogeneity.

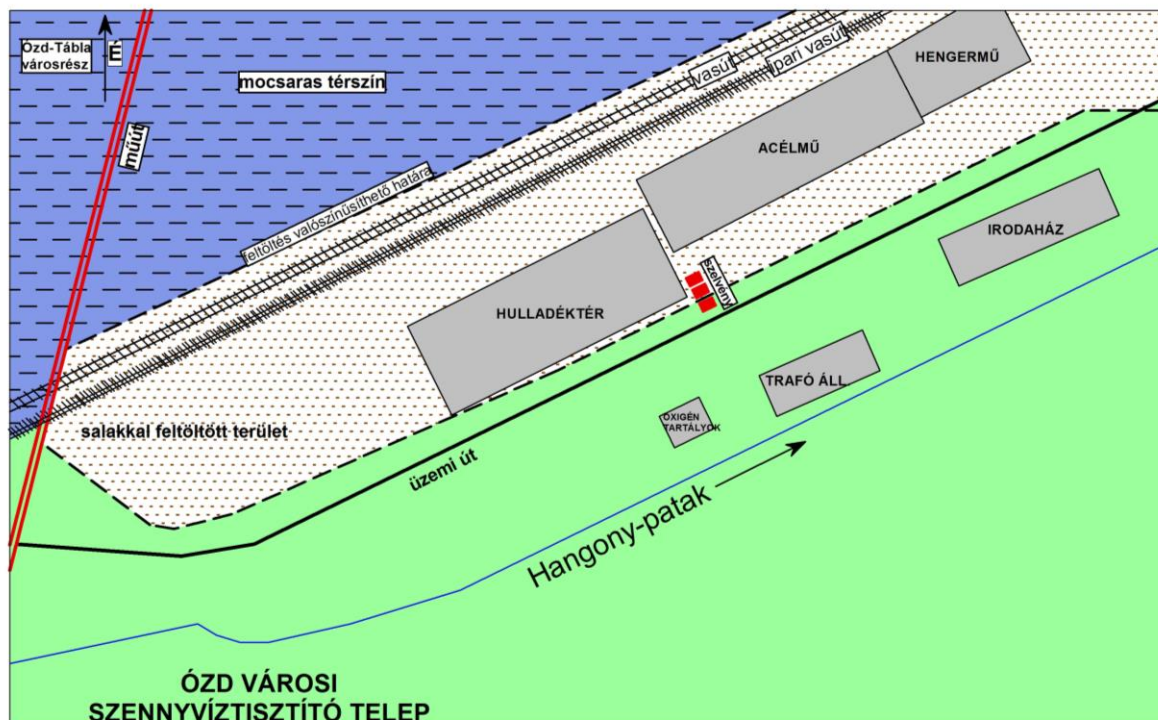


Figure 1 Area of the currently operating Ózd Steelworks (OAM) with the important establishments, the rough boundary of the slag fillings in the alluvium and the line of the shallow geological cross section.

Thesis 2: Pollution of the Sajó River via water from the direction of Ózd and Borsodnádásd ceased by today.

On the geological map of the study area the alluvial areas filled with slag and the major slag and waste disposal sites were plotted. Formerly smelting at Ózd transported high amount of pollution via waters contributing to the Sajó River being one of the most polluted rivers in Hungary. This condition has been improved and ceased by today. In the leachate of the slag heaps only iron is in anomalous quantity. Sewage of the Mini Mill is treated in the area of the Steelworks and in the sewage treatment plant of the town, however, the capacity of the latter should be increased by at least 20%. Unfortunately the bed regulation of the Hangony Stream (straightening the riverbed, bed cover, filling the floodplain with slag) increased the threat of flooding in the floodplain for the elimination of which one dam in a tributary valley is not enough.

Ladle furnace slags have loose clastic structure and high porosity therefore in areas with high groundwater table level (some parts of the Hangony floodplain) they become connected with precipitation water, the undulating groundwater and air as well. In this way these slags have been exposed to oxihydration processes. Areas filled with this loose and porous slag are sensitive to any kind of pollution that can filter and move into the slag with fluids due to its high filtration capacity. Therefore any activity with high potential of pollution has to be avoided in these areas (e.g. petrol station, car wash, garage, machine storage). According to experience, such activities established with inappropriate insulation closed down shortly due to the damaging effects of contamination. As a result in alluvial areas filled with ladle slags and coal slags only limited types of buildings can be built and only well defined activities can be carried out. It is highly important to have appropriate maps, sections and measurements regarding the extent, structure, material and thickness of the fills of such areas and to categorize these areas into the increasingly pollution sensitive category contrary to the natural areas without filling where the geological formations are sufficiently impermeable (thesis 1). We tried to define the areas of slag filling in the area of the factory (*Figure 1*).

Thesis 3: In the course of mineralization and weathering processes of the 100-150 years old slags dissolution of no harmful material has been detected with our analyses.

Our investigation proved that minerals detected in recent slags are not present or only in traces in the old slags because most of them have been dissolved and/or leached. Most of the secondary minerals, however, formed by the decay of these minerals can be detected. These secondary precipitates present no harm to the environment and capable of binding and thus neutralizing a certain amount of heavy metals. Slags filling the Tekerós Valley are disposed on the water of the spring in the valley head and thus the water collects the leachate of the slag depository. No dissolved elements harmful to the environment or toxic have been detected in the water samples of the stream taken at the marginal houses of the settlement. High concentration of iron and calcium hydrogen carbonate was observed associated with the residual iron content of the slags and the carbonate precipitated via weathering.

Fluid slag from the Minimill produced nowadays is poured into the slag ditch of the Aicher Beton Ltd. at Center. This slag is cooled using water-bed. Small part of the cooling water evaporates while the remaining leachate is collected via a drained insulation layer and then returned to the water-bed. Evaporated water is replaced by fresh industrial water. No leachate is released into the environment in the process of cooling slags. The free lime content of the cooled slags is bound during the resting of the slag and weathering processes mentioned above start. These processes present no danger to the geological and other environment.

Thesis 4: Although traditional smelting strongly loaded the residential areas via the atmosphere no such air pollution can be detected today in the case of the Minimill

Metallurgy at Ózd in the past 170 years had direct effects on the urban environment via air pollution. The exact grade of this, however, cannot be reconstructed today – except for a few scattered data. According to our investigation no dust and air pollution in the vicinity of the present steelworks can be doubtless related to the smelting activity as the processes today meet the strict environmental regulations. Settling dust test measurements could show the slight movement of natural Aeolian fine silt grains and the presence of a small amount of flying ash originated from residential heating in the heating season. Unfortunately our sampling dust collectors were damaged.

Smelting activity prior to the establishment of the OAM Ltd. polluted the area in districts of variable extent depending on the applied technology with dust including heavy metals as well. According to the memories of elderly people, the steelworks polluted both its inner area and more distant environment both with combustion gases (SO₂, H₂S) with characteristic odour and with dust as well. However, no accurate measurements or studies were performed on the grade and effects of these. With the control of the National public Health Service dust pollution measurements were carried out in 1984 but these were not evaluated in detail and were not followed by effective environmental measures.

Our study area is located in the immission zone of the former steelworks therefore it is not possible to decide whether the source of the iron dust pollution of the soil samples is the old or the recent activity. Knowing the details of the technology, however, it is almost certain that the pollution is the trace of the operation of the former factory. However, the exact distribution of this can be cleared only by an analysis with high numbers of sampling.

Currently pollutant emission from traffic and residential heating is greater than the industrial release. Air pollution from traffic is mostly from transit lorries with diesel engine.

In the course of identifying emission sources heating with household waste and traffic presents problems in the case of organic pollutants and heavy metals as well like Zn, Pb, Cd, Ba, etc. Available data and observations suggest that these effects raise methodical problems.

Considering air pollution the diffusive pollution from the residential heating of the surrounding urban areas pollute the air of the district of the town. Residential heaters – in contrast to the electric arc furnace – have no combustion gas reheat gutter and dust filter system therefore a significant portion of the organic micro-pollutants (e.g. PCB, PAH, dioxins) originate from these. Due to frequent inversion in the atmosphere in the basing like area the development of London type smog has high probability especially in winter. In such cases the operation of the steelworks is suspended.

Solution to the problem would be the establishment of a monitoring system that would measure the gas composition of the atmosphere and the quantity and quality of settling dust regularly in logarithmic distances from the potential pollution sources. Although stronger winds move silt and fine sand grains from the sand and loess formations of the surrounding areas even today the natural aeolian sediment grains can be separated from the dust and flying ash of industrial origin and other aerosols relatively simply.

Thesis 5: Activity of the current Minimill does not pollute neither the waters nor the air in the immediate or the more distant environment, no emission was possible to detect

Environmental effects in the broader region together with the natural conditions were described so far. Environmental effects associated directly to the current steelwork processes are discussed in the following.

Metallic matrix of steel scrap is generally poorer in alloy elements than the produced raw steel. Burning loss enriches alloy elements retained in the steel in accordance with the expected trends. Majority of the sulphur content in the steel originates from the corrosion products, the slag foaming agent and the applied cast iron / automatic steel scrap. Phosphorous originates mostly from grey castings and painted coatings. Most Cr, Mn, V alloys enter the system from the matrix material of the scrap. Ba, Pb, Zn, Cd could be originated from the painted, galvanized coating of metals. These were supported by our observations, however, these detections cannot be used for quantitative ratio estimation.

The elements mentioned above appear partly in the slag and partly in the combustion gas and settling dust. Slags are processed in a closed system and the gas and dust filtering has high enough efficiency not to release such pollutants from the area of the factory. In the case of a factory like this no tragic environmental effects would occur even if the building of the factory was demolished by a natural disaster (e.g. earthquake).

Hot-shortness in the case of steel used for rolling is increased by Cu and Sn among residual alloys while sulphur and copper increase red-shortness. Ni in the reinforcing steel forming residual austenite may increase residual stress. High amount of chromium deteriorates the weldability of the steel. In general, these unwanted characteristics are subordinate in the Ózd Steelworks Ltd. and the factory produces standard high quality products. In order to avoid these problems knowing the composition of the added material in detail is highly important. According to our investigations the residual contaminants and the S and P content of the steel are originated from various coatings while the metallic matrix is steel scrap of good quality. Maintenance of constantly high quality products is the environmental and economic interest of the factory as in this way slag and rubbish production can be kept at a minimum level.

With the appropriate preparation of the metal scrap the contamination of the steel with alloying elements can be reduced. Based on the analyses presented in the work we can state that neither the slag nor the settling dust present environmental risk. One reason for this is that the amount of the applied raw material and that of the forming slag and settling dust are much smaller than in the former steelwork technologies. On the other hand, the processes in the Minimill are modern, closed and semi-closed procedures where even the by-products are controlled and treated. Besides all these, efforts are made continuously to increase cost efficiency and environmental safety and also to re-use by-products as much and as economically as possible. As a result, the amount of the slag of the steelworks accumulated in the edge of Ózd is much less than that of the former technology and these slags can be neutralized with appropriate treatment.

Thesis 6: Behaviour of the slags at the disposal site and the effects and utilizability of the slags are determined by their basicity, expandability and metal content apart from the production technology.

Potentially dangerous heavy metals of primary slags, Cr and Ba are incorporated into stable minerals according to our investigation. Chromium forms mostly chromite and in a smaller ratio it is incorporated into the mineral melilite as Cr^{3+} replacing Al. Cr^{3+} may replace

iron as well in the oxid calcium ferritic phase (srebrodolskite, CaFeO_3 , CaFe_2O_4) of the slags. With such replacement a high number of very similar minerals can be formed depending on the actual environmental conditions. Rarely Cr^{2+} can be incorporated into the structure of wüstite substituting Fe^{2+} . The very small amount of dissolved chromium appearing in our solution analyses can be originated from one of these potential sources. Iron dissolved in a quantity of 100 times that of chromium reduces any potential Cr^{6+} into Cr^{3+} . This mechanism increases the uncertainty of analytical Cr^{6+} determination while the slightly basic pH reduces its mobility. Ba is found in melilite for similar reasons replacing probably Ca and Mg and precipitated in the form of barite (**Figure 3**).

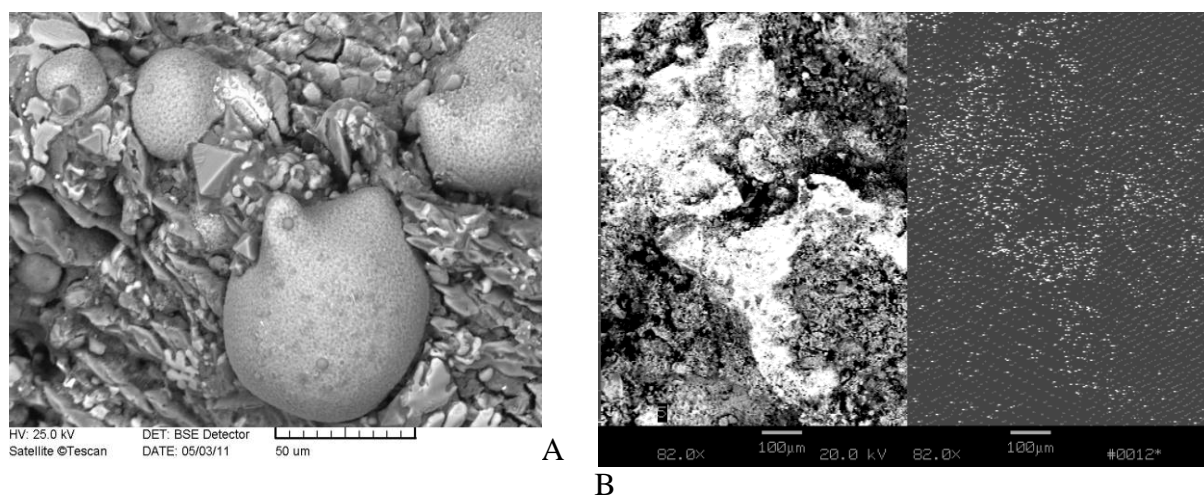


Figure 3 Electronmicroscopic image of a fractured surface of slags from Ózd.
A/ photo: Chromite octahedra among metal drops in a matrix of mixed composition (oxidic, silicate) in a primary slag.
B/ photo: Barite precipitates (white patches) in a matrix of mixed composition (carbonate, silicate hydrate) on the surface of a blast furnace slag.

Since slags at Ózd are slightly-moderately basic mostly larnite and Ca ferrites can present utilization problems. This process could be slowed by alien atoms (Mg, Fe, Mn) replacing Ca. Ca ferrites are weathered in wet conditions. The slag melt is basically a double phased eutectic. This state is beneficial considering environmental protection. Retaining this state can be realized by granulating the slag. Some parts of the chromium content is incorporated into the structure of ghelenite replacing Al. Phosphorous incorporates mostly into the larnitic phase forming probably nagelschmidtite. Ba content precipitates on the surface as barite. Their distribution and size can be mentioned with XRD and SEM (EDS).

Slags forming at the ladle furnace are strongly basic with high free lime content. Their major mineral constituents based on our XRD and SEM/EDS analyses are: larnite, bredigite, monticellite, merwinite, mayenite and CaO, however, alabandine may also occur in traces. FeO content of the slags can be neglected, however, they disintegrate into powder while cooling due to the modification changes of their minerals. Utilization of these slags has not been solved yet. With moisture this powder material turns into a thixotropic mass and then solidifies like concrete forming various calcium-silicate-aluminate-hydrates: tobermorite, xonolite, jasmundite, spurrite, etc. Identification of these minerals is difficult and uncertain due to their poor crystallinity. However, based on thermal analyses their presence is probable. The presence of barite was also shown.

According to our analyses, periclase and other MgO containing minerals like spinell give a significant portion of the inclusion content of reinforcement steels. According to our experience, the magnesium oxide content is frequently the double of the aluminium oxide

content. This may increase the risk of nozzle clogging that can increase the amount of deficient products therefore it is unwanted from every aspect including environmental protection.

Thesis 7: Sampling and analysing settling dust enabled us to assess and identify the methods of potential separation and recovery of metals or other constituents at Ózd.

Two major phases of the filtered settling dust are zincite and franklinite in which zinc is enriched. According to our measurements, Zn is present in zincite in 65% on average and this can be simply recovered using hydrometallurgical methods. Another characteristic of this settling dust is its 9-10% of dissolvable mineral content, mostly rock salt, potassium salt and aphtitalite. These minerals are corrosive minerals. In the course of pyrometallurgical preparation (compaction) halid salts make Pb into gas. The risk of gas Pb can be reduced significantly by washing the filtered dust. Phosphorous content of the dust is much higher than that of the ladle furnace slags. The source of this includes various coatings and plastic waste.

Although settling dust contains several metals (e.g. Pb, Ag) the recovery of the prevailing Zn would be reasonable and economical.

Thesis 8: Utilization of the metallurgical slags accumulated in Ózd over 170 years is currently very limited, however, its potential could be extracted in many ways and in higher ratio that would be beneficial both for the environment and for the financial budget as well.

Formerly only building industrial utilization was the sole method of slag utilization but today this is only small scale due to recession in the building industry although several slag types are suitable for such purposes. In the appropriate grain size all slag types at Ózd except for boiler slag could be used for sewage treatment. Basic slags can bind the phosphor content of the sewage most efficiently and this is beneficial to avoid eutrofization caused by sewage directed into rivers and lakes. For neutralization of acid quarry waters also the basic slags are most suitable, however, such demand is not frequent nowadays in the region. One of the most promising utilization method would be soil improvement and agricultural utilization in the landscapes of the Sajó Valley and the surrounding hilly region. The acidity of the brown forest soils characteristic in the region could be neutralized by basic slag grist. They could also provide useful micro-elements and other added agents (alkalies, nitrates, pesticides). Sulphide containing slags (blast furnace and secondary slags) have a slight fungicide effect due to their sulphur content, however, this has to be verified by experiments prior to utilization.

Building industrial utilization could be extended into several fields especially where large quantities of non toxic granulates or grist are required into the filling of road foundations or for filling cellar holes. Such purposes are ideal for basic steelmaking slags the utilization of which elsewhere is not possible. Their variable expandability could be advantageous for hole filling.

For the above utilization the technological background could be established relatively simply with small investment costs in the direct surroundings of the large disposal sites (Tekerős Valley, Center). Realization of such utilization would mean employment for decades in a region hit by high unemployment rates for people with experience in working in factories.

In this way huge slag hills would disappear from the landscape and the cost efficiency of smelting could be increased as well.

Thesis 9: I recommend the identification of a new scientific field called scoriology. Its tasks and themes would include studying, classifying, qualifying the material of mining, smelting, energetic (thermal power plant, nuclear power plant), building industrial, tile, brick, concrete and glass industrial pit heaps, slags, soot, fragments, waste and by-products together with determining their possible utilization conditions

The interdisciplinary field studying the utilization, treatment and storage of slags and by-products formed at high temperature shall be called *scoriology*. The word scorio of Greek-Latin origin means slag while the logy originated from Greek means science. This field would harmonize and co-ordinate the already existing and separately operating scientific subfields. The incomplete list of scientific fields studying the same object (slag, associated by-products and soot) includes: mining, geology and subfields (e.g. mineralogy, petrography, melioration), energy industry (coal, hydrocarbon, nuclear, biomass), smelting, building industry, ceramics, chemistry industry, specific industries (e.g. petruurgy), environmental science.

By synthesizing our results new results utilizable in the industry could be obtained. This new scientific field could give aid for developing waste free technologies. On the other hand the economical utilization of by-products would help saving the natural resources. Apart from these sellable and profitable products can be created in industries with large amount of by-products. For example in mining the utilization of burnt coal and other waste heaps, in the energy industry the partial utilization of soot and slags, treatment of nuclear waste could be solved. Slags and soot are utilized mostly as filling material and additives in the building industry.



Nyilvántartási szám: DEENK/60/2016.PL
Tárgy: PhD Publikációs Lista

Jelölt: Koleszár Péter
Neptun kód: EB7WW2
Doktori Iskola: Földtudományok Doktori Iskola

A PhD értekezés alapjául szolgáló közlemények

Magyar nyelvű tudományos közlemény(ek) hazai folyóiratban (1)

1. **Koleszár P.:** Ásványképződés acélkohászati folyamatokban.
Acta Geogr. Geol. Meteorol. Debr. 1, 101-105, 2006. ISSN: 1788-4497.

Idégen nyelvű tudományos közlemény(ek) hazai folyóiratban (2)

2. **Koleszár, P.,** Papp, I., Kozák, M.: Behaviour of ladle slag minerals in atmospheric conditions regarding utilization.
Acta Geogr. Geol. Meteorol. Debr. 4 (5), 3-6, 2010. ISSN: 1788-4497.
3. Papp, I., **Koleszár, P.,** Kozák, M.: Chemical composition and zinc leaching test of dust from electric arc furnace emissions from the Steelwork of Ózd, Hungary.
Acta Geogr. Geol. Meteorol. Debr. 4 (5), 7-11, 2010. ISSN: 1788-4497.

Idégen nyelvű tudományos közlemény(ek) külföldi folyóiratban (1)

4. **Koleszár, P.,** Papp, I., Kozák, M., Kónya, P., McIntosh, R.W., Grega, O.: Behaviour of ladle slag primary and secondary minerals in slag heap considering utilisation.
Carpath. J. Earth Environ. Sci. 11 (1), 17-26, 2016. ISSN: 1842-4090.
IF:0.63 (2014)





Magyar nyelvű konferencia közlemény(ek) (3)

5. **Koleszár P.**, Márkus R.: Acélműi szállóporok ásványtan-geokémiai vizsgálata.
In: IV. Kárpát-medencei Környezettudományi Konferencia. Szerk.: Orosz Zoltán, Szabó Valéria, Molnár Géza, Fazekas István, Meridián Alapítvány, Debrecen, 178-183, 2008. ISBN: 9789630646253
6. **Koleszár P.**, Kozák M., Csuzda A.: Ásványképződés szénsalakokon.
In: Geographia generalis et specialis : Tanulmányok a Kádár László születésének 100. évfordulóján rendezett tudományos konferenciára. Szerk.: Szabó József, Demeter Gábor, Debreceni Egyetem Egyetemi és Nemzeti Könyvtár, Debrecen, 209-214, 2008. ISBN: 9789634731108
7. **Koleszár P.**, Kozák M., Póczos J.: Az ózdi kohászati salakok metallogenetikai -geokémiai szempontú vizsgálata.
In: Bányászati, Kohászati és Földtani Konferencia. Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság, Cluj-Napoca, 215-218, 2006. ISBN: 9737840097

Időgen nyelvű konferencia közlemény(ek) (1)

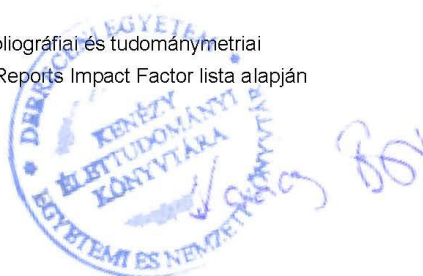
8. **Koleszár, P.**, Papp, I.: Influence of slag minerals on the utilisation of ladle slag.
In: XXV. microCAD : International Scientific Conference - Earth science and engineering. Ed.: Bikfalvi Péter, Miskolci Egyetemi Kiadó, Miskolc, 1-5, 2011. ISBN: 9789636619558

A közlő folyóiratok összesített impakt faktora: 0,63

**A közlő folyóiratok összesített impakt faktora (az értekezés alapjául szolgáló közleményekre):
0,63**

A DEENK a Jelölt által az iDEa Tudóstérbe feltöltött adatok bibliográfiai és tudományometriai ellenőrzését a tudományos adatbázisok és a Journal Citation Reports Impact Factor lista alapján elvégezte.

Debrecen, 2016.03.10.



A SZERZŐ FONTOSABB PUBLIKÁCIÓI

Kiemelt közlemények

- KOLESZÁR P. – PAPP I. – KOZÁK M. – KÓNYA P. – MCINTOSH R.W. (2015):** Mineral transformation and environmental effects of secondary steelmaking slags – Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences, megjelenés alatt, impak faktor: 0,727
- KOLESZÁR P. – PAPP I. (2010):** Behaviour of ladle slag minerals in atmospheric conditions regarding utilization – Acta GGM Debrecina Geology, Gemorphology, Physical Geography Series, 4-5, pp. 3–6.
- PAPP I.– KOLESZÁR P. (2010):** Chemical composition and zinc leaching test test of dust from electric arc furnace emission from the steelwork of Ózd, Hungary – Acta GGM Debrecina Geology, Gemorphology, Physical Geography Series, 4-5, pp. 7–11.

Szakcikkek folyóiratban (hazai, lektorált és referált)

- KOLESZÁR P. (2006):** Mesterséges ásványok és kőzetek képződése az acélkohászati folyamatok során – Acta GGM Debrecina Geology, Gemorphology, Physical Geography Series, 1, pp. 101–105.

Szakcikkek nemzetközi konferenciák kiadványaiban

- KOLESZÁR P. – KOZÁK M. – PÓCZOS J. (2006):** Az ózdi kohászati salakok metallogenetikai – geokémiai szempontú vizsgálata – EMT, Sepsiszentgyörgy, 215–218.
- KOLESZÁR P. (2007):** A garadnai kohászati salakképződés technológiai és anyagösszetételi elővizsgálata, EMT kiadvány, Buziásfürdő, pp. 214–218.
- KOLESZÁR P. (2008):** Szénsalakok mineralizációs folyamatai – Kádár László Centenárium konferencia, Debrecen pp. 209–214.
- KOLESZÁR P. – MÁRKUS R. (2008):** Acélműi szállóporok ásványtan-geokémiai vizsgálata – IV. Kárpát-medencei Környezettudományi Konferencia, Debrecen, pp. 178–183.
- KOLESZÁR P. – PÓCZOS J. (2008):** Szekunder salakok geokémiai vizsgálata – EMT kiadvány, Nagyszeben, pp. 183–187.
- KOLESZÁR P. – PAPP I. (2011):** Influence of slag minerals ont the utilisation of ladle slag – XXV. microCAD International Scientific Conference, Miskolc

Egyéb

- KOLESZÁR P. (2005):** Az ózdi salakhányó környezetföldtani vizsgálata – kézirat, XX. FiFöMa OTDK dolgozat, DE TTK Ásvány- és Földtani Tanszék adattár, p. 49.
- KOLESZÁR P. (2005):** Új típusú energiatakarékos és környezetbarát technológiák az Ózdi Acélművek Kft. üzemében – kézirat, diplomamunka, DE TTK Ásvány és Földtani Tanszék adattár, p. 49.

Lektorálás alatt álló kiemelt közlemény:

- KOLESZÁR P. – GREGA O. (2015):** Effects of the chromium content of steel scrap on the behaviour of the steel and slag in the course of EAF steelmaking – Acta Metallurgica Slovaca

