

UNIVERSITATEA BABEȘ – BOLYAI
FACULTATEA DE ȘTIINȚA MEDIULUI

OANA – CRISTINA MODOI

**MANAGEMENTUL INTEGRAT AL DEȘEURILOR
REZULTATE DIN VALORIFICAREA MINEREURILOR
ASOCIATE PROVINCIEI METALOGENETICE BAIA MARE**

TEZA DE DOCTORAT

(Rezumat)

Conducător științific:

Prof.univ.dr. Șerban – Nicolae VLAD

Cluj-Napoca

2010

Cuprins:

Introducere.....	3
Managementul deșeurilor miniere - premise teoretice.....	5
Alegerea regiunii: Baia Mare.....	5
Identificarea principalelor caracteristici tehnice ale depozitelor de deșeuri miniere din regiunea Baia Mare.....	9
Impactul asupra mediului generat de depozitele de deșeuri miniere din regiunea Baia Mare..	11
Riscuri generate de existența depozitelor de deșeuri miniere în.....	15
Măsuri de reconstrucție ecologică a depozitelor de deșeuri miniere din regiunea Baia Mare..	16
Evaluarea ciclului de viață – opțiune durabilă a managementului depozitelor de deșeuri miniere din regiunea Baia Mare.....	17
Sistem integrat de managementul al deșeurilor miniere în regiunea Baia Mare.....	19
Concluzii.....	23
Bibliografie selectivă.....	25

Cuvinte cheie: „managementul deșeurilor miniere”, „drenaj acid al rocilor (ARD)”, „riscuri de mediu”, „reconstrucție ecologică”, „ciclu de viață”, „habitat natural”, „integrare în peisaj”.

Introducere

O activitate conexă a exploatării resurselor minerale și care are, în același timp, un impact semnificativ asupra mediului o reprezintă depozitarea deșeurilor provenite din exploatarea zăcămintelor. Este cunoscut faptul că, depozitele de substanțe minerale utile sunt asociate în scoarța terestră cu alte minerale, ce nu au valoare economică, însă, adesea trebuie extrase împreună cu rocile utile, din considerente tehnice, de stabilitate, consecință a faptului că sunt intercalate printre rocile utile etc. Aceste minerale fără valoare economică poartă denumirea generică de gangă (steril), devenind, după separarea de substanțele minerale utile, deșeuri miniere. Gestionarea corespunzătoare a acestor deșeuri miniere reprezintă una din marile provocări ale industriei miniere, atât prin costurile mari pe care le necesită pentru manipulare și depozitare, cât și prin impactul semnificativ și riscurile de mediu generate.

Managementul deșeurilor miniere reprezintă un ansamblu de activități care converg spre același scop final, anume *reducerea poluării mediului, generată de depozitele de deșeuri miniere în arealul studiat*. În vederea adoptării celor mai eficiente soluții de management pentru arealul studiat, prezenta lucrare realizează investigarea regiunii, din punct de vedere geologic, prezintă condițiile geografice ale amplasamentului, evidențiind, în acest context, posibilitatea apariției unor fenomene extreme, generatoare de hazarduri naturale. În aceste circumstanțe, se descriu, în continuare, caracteristicile tehnice, de amplasament, proveniența și compoziția chimică și mineralogică a depozitelor de deșeuri miniere studiate. Tot în scopul adoptării celor mai bune soluții privind managementul depozitelor de deșeuri miniere, lucrarea, realizează în continuare, evaluarea impactului și riscurilor de mediu generate de prezența depozitelor în regiunea studiată, ținând cont de structura geologică a subsolului, permeabilitatea cuverturii sedimentare și probabilitatea ca rocile sterile depozitate să producă drenaj acid. Pe baza prelucrării acestor informații, se analizează măsurile de reconstrucție ecologică ce se cer a fi adoptate în contextul dat. Studiul prezintă și o soluție de reprocesare a unuia dintre depozitele vechi de steril, în cadrul Uzinei de Preparare Baia Mare, Iazul Central, care prezintă concentrații suficiente de substanțe utile, în componența sterilului depus, pentru a-l recomanda ca depozit de minereu sărac, ce poate fi reprocesat în condiții de eficiență economică.

Lucrarea este structurată pe opt capitole, după cum urmează:

- **Primul capitol** prezintă considerații generale privind deșeurile provenite din valorificarea minereurilor, impactul asupra mediului generat de aceste depozite de deșeuri, modalități de gestionare deșeurilor miniere în contextul dezvoltării durabile, evidențiind importanța managementului deșeurilor, ca element de bază în managementul de mediu. Tot în acest capitol se face referință la legislația națională și europeană privind dezvoltarea durabilă, managementul deșeurilor miniere și cele mai bune practici utilizate în aplicarea sistemelor de management de mediu în minerit;
- **Cel de-al doilea capitol** prezintă motivele care au concurat la alegerea regiunii Baia Mare ca regiune de studiu, urmate de expunerea unor informații generale privind geografia zonei, referitoare la morfologia terenului - incluzând aici și formele de relief antropic, caracteristice activităților miniere -, la fenomenele climatice specifice regiunii - subliniind particularitățile precipitațiilor (a căror valoare practică constă mai mult în caracterul, decât în cantitatea lor) -, la principalele caracteristici ale solurilor din regiune, la resursele de apă și biodiversitatea regiunii. Capitolul continuă cu prezentarea geologiei generale a regiunii, urmată de evidențierea zăcămintelor

minerale existente în regiune și a rocilor înconjurătoare, ce formează ganga minerală, particularizându-se, apoi, pe modul de formare al depresiunii Baia Mare și a cuverturii sedimentare, a cărei parte superioară reprezintă, unul din receptorii poluanților care se infiltrează accidental din depozitele de deșeuri miniere.

- În **capitolul trei** se prezintă detalii referitoare la amplasarea depozitelor de steril în regiunea Baia Mare, caracteristicile litologice ale solului din zona de amplasare a depozitelor, caracteristicile tehnice ale depozitelor de deșeuri miniere precum și compoziția chimică și mineralogică a sterilului din depozitele studiate.
- **Capitolul al patrulea** este dedicat evaluării impactului de mediu, generat de depozitele de deșeuri miniere, în regiunea Baia Mare. Evaluarea impactului de mediu se realizează pe baza caracteristicilor mineralogice ale rocilor sterile din depozite, estimând posibilitatea acestora de producere a drenajului acid (ARD), migrarea și acumularea poluanților în mediu, prin interpretarea analizelor probelor de steril, sol și apă, prelevate din depozite și din vecinătatea acestora. Evaluarea impactului generat de depozitele de deșeuri miniere se face, comparând rezultatele analizelor efectuate, cu concentrațiile maxime admisibile normate în legislația în vigoare, ținând, însă, seama și de caracteristicile fondului natural al regiunii studiate.
- În **capitolul cinci** al acestui studiu se prezintă riscurile de mediu generate de existența depozitelor de deșeuri provenite din valorificarea resurselor minerale din regiunea Baia Mare, prezentându-se, aportul fenomenelor naturale extreme, al accidentelor tehnologice precum și acțiunea conjugată a acestora la producerea accidentelor la depozitele de deșeuri miniere, cu repercusiuni grave, ce pot afecta mediului, dar și sănătatea și viața oamenilor.
Analiza și evaluarea riscurilor de mediu se realizează prin identificarea scenariilor de risc posibile în contextul dat, analiza lor calitativă cu ajutorul matricei de risc probabilitate - consecințe, evaluarea consecințelor și măsurile propuse pentru reducerea riscurilor în regiunea studiată.
- **Capitolul șase** propune măsurile de reconstrucție ecologică pentru depozitele de deșeuri miniere din regiunea Baia Mare, ținând cont de stadiul efectiv din ciclul de viață în care se găsesc depozitele studiate. În acest capitol se prezintă necesitatea și oportunitatea reconstrucției ecologice a depozitelor de deșeuri miniere, propuneri și recomandări privind reconstrucția ecologică a depozitelor de deșeuri miniere din regiunea studiată. Măsurile de reconstrucție ecologică propuse se bazează pe analizele și evaluările poluării mediului efectuate în capitolele anterioare.
- Cel de-**al șaptelea capitol** al studiului prezintă o analiză a ciclului de viață pentru depozitele de deșeuri miniere, cu exemplificarea unui nou ciclu de viață pentru depozitele vechi de steril minier care se pot constitui în resursă de minereu sărac. Se propune, așadar, ca opțiune durabilă a unui depozit vechi de deșeuri miniere, reprocessarea iazului Central din regiunea Baia Mare, cu recuperarea metalelor existente în depozit, utilizând tehnologii moderne și accesibile la ora actuală. Reprocessarea minereului sărac din depozitele vechi de deșeuri miniere este o acțiune conformă cu managementul de mediu al depozitelor de deșeuri, generând, atât beneficii economice, cât și ecologice.
- În ultimul capitol, **capitolul opt**, se propune sistemul integrat de management al depozitelor de deșeuri miniere din regiunea Baia Mare ce vizează reducerea poluării mediului generată de existența depozitelor de deșeuri, prin închiderea și ecologizarea lor adecvată, în contextul dezvoltării durabile a regiunii. Managementul propus pentru depozitele de deșeuri miniere din regiunea Baia Mare se realizează ținând cont de caracteristicile mineralogice și geomorfologice ale depozitelor studiate, litologia solului și subsolului de sub fiecare depozit și în zona adiacentă, distanța față de

potențialii receptori, cerințele legislative și, nu în ultimul rând, factorii de decizie (autoritatea de mediu în colaborare cu proprietarul depozitului) și publicul interesat (comunitatea locală și regională potențial a fi afectată). În acest context, se prezintă și se motivează soluția aleasă pentru fiecare depozit de steril studiat, urmată de propunerea programului de monitorizare pentru depozite și, în final, de prezentarea modelului conceptual propus pentru managementul integrat al deșeurilor miniere din regiunea Baia Mare.

Depozitele de deșeuri miniere din regiunea Baia Mare se găsesc în stare de închidere / conservare sau post-închidere, astfel că, soluțiile de management propuse sunt limitate de această stare de fapt. Managementul depozitelor de deșeuri miniere propus are în vedere asigurarea stabilității fizice și chimice a depozitelor, prin adoptarea de soluții nivelare a pantelor, reducere a unghiului de taluz general, desecarea completă, drenajul corespunzător al apelor din depozit și tratamentul pasiv al drenajului acid.

1. Managementul deșeurilor miniere - premise teoretice

Unul dintre scopurile principale ale industriei miniere este satisfacerea cererii de resurse a societății pentru dezvoltarea infrastructurii sau producerea de bunuri utilizate, în vederea sporirii calității vieții populației.

Oricare ar fi metoda de valorificare aleasă pentru zăcămintele de minereuri, întotdeauna sunt necesare operații numeroase și diverse de natură mecanică, fizică sau chimică pentru obținerea minereului brut și ulterior, pentru concentrarea și rafinarea sa.

Din aceste operații rezultă pe de-o parte substanța minerală utilă și pe de altă parte, materia sterilă care poate varia de la 25 ÷ 90 % (și chiar mai mult pentru unele metale prețioase sau rare) din totalul de rocă extrasă.

De altfel, este recunoscut faptul că industria minieră este, la nivel mondial, una din principalele surse de producere a deșeurilor, suprafețele ocupate de depozitele steril, fiind din ce în ce mai însemnate.

Adoptarea bunelor practici în minerit înseamnă, atât adoptarea managementului de mediu de către companiile miniere, cât și a bunelor practici privind comunicarea cu comunitatea locală, bunele practici privind prevenirea accidentelor, transparența decizională, publicarea de rapoarte anuale accesibile publicului, dialogul social continuu, adoptarea celor mai noi tehnologii și colaborarea cu sectoarele de cercetare-dezvoltare și cu universitățile de profil, în scopul creșterii standardelor de performanță și asigurării că proiectele și investițiile inițiate au un impact cât mai redus asupra mediului înconjurător.

2. Alegerea regiunii: Baia Mare

Mineritul a însemnat pentru Baia Mare și locuitorii săi, una din sursele importante de existență și, în același timp, o ocupație tradițională, timp de mai multe secole.

Depozitele de deșeuri, provenite din valorificarea resurselor minerale situate pe teritoriul administrativ al orașului Baia Mare, ocupă suprafețe de teren importante, suprafețe scoase din circuitul agricol și silvic pentru lungi perioade de timp. Deșeurile miniere din regiunea studiată au în componență steril minier, steril provenit de la uzinele de preparare,

urme de minereuri cu granulații diferite, compoziții diverse și adesea potențial periculoase. Aceste depozite se constituie într-o sursă continuă de poluare a factorilor de mediu în regiunea studiată, cât și într-o sursă potențială de risc pentru mediu și comunitatea umană a zonei.

Pornind de la aceste premise, necesitatea adoptării unui management integrat al deșeurilor miniere, în conformitate cu cerințele legislative, dar și cu responsabilitățile actuale asumate de companii, privind protejarea mediului înconjurător, inclusiv pentru generațiile următoare, apare a fi imperios necesară.

În consecință, în continuare se studiază soluțiile adecvate privind reducerea impactului asupra mediului și populației, datorate depozitelor de deșeuri provenite din valorificarea minereurilor, propunându-se, la final, o schemă de management integrat pentru aceste deșeuri.

Structura propusă pentru realizarea managementului integrat al depozitelor de deșeuri miniere din regiunea Baia Mare, cuprinde etapele ilustrate în figura 1.

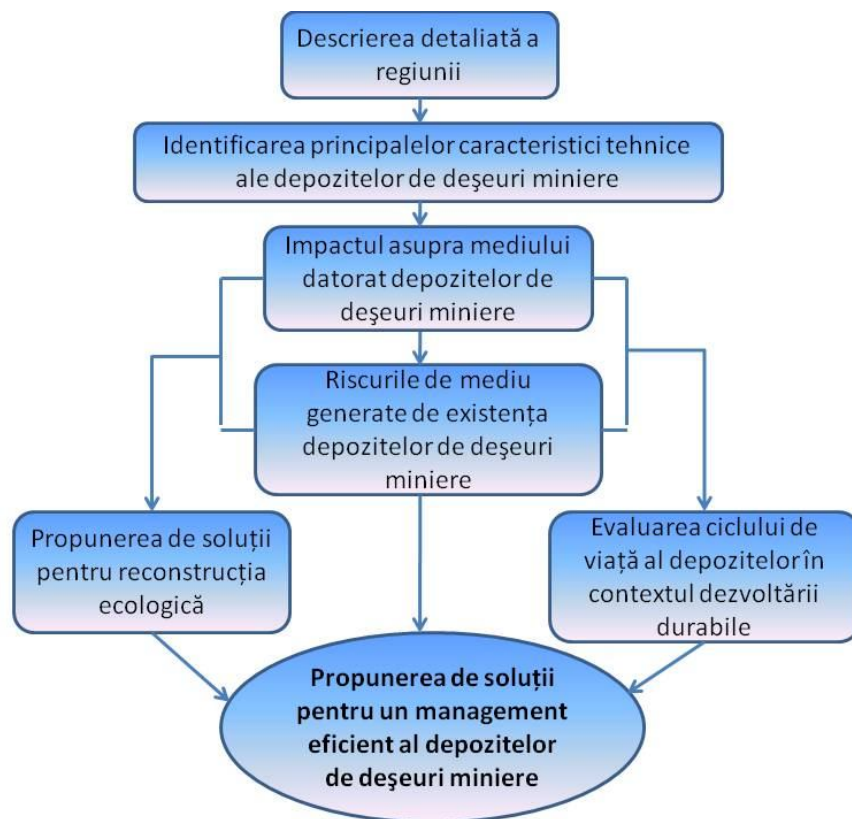


Fig. 1. Etapele parcurse în scopul realizării managementului integrat al deșeurilor miniere din regiunea Baia Mare

Baia Mare este amplasată în partea de vest a județului, teritoriul municipiului ocupând parțial, atât zona de depresionară, cât și zona montana din nord. Astfel, teritoriul orașului Baia Mare este așezat în zona de contact dintre Depresiunea Baia Mare și Masivul Ignișului, la o altitudine de 194 m față de nivelul mării.

Relieful municipiului Baia Mare este în majoritate un relief deluros, alcătuit dintr-un complex de dealuri, cu altitudini cuprinse între 450-800 m, despărțite de afluenții Someșului, Lăpușului și Săsarului. Întreaga zonă are un aspect de amfiteatru, cu o largă deschidere spre vest, în timp ce la nord și est se ridică Munții Igniș și Gutâi.

Relieful antropoc al Băii Mari reprezintă o unitate distinctă în peisajul zonei, datorându-se activităților miniere care se desfășoară din cele mai vechi timpuri și care au produs modificări importante în peisaj, afectând toate componentele mediului. (Filip, 2008)

Diversitatea mare a formelor de relief determină și o mare diferențiere climatică sub aspectul precipitațiilor, care constituie una din verigile principale ale circulației apei în natura.

Valoarea practică a precipitațiilor constă mai mult în caracterul decât în cantitatea lor. Când au o intensitate moderată, apa se infiltrează în sol până la mari adâncimi, iar când cad sub formă de averse, o bună parte din apă nu reușește să se infiltreze, scurgându-se la suprafață.

Caracteristicile climatice ale zonei precum și regimul precipitațiilor și direcția și intensitatea vântului sunt fenomene climatice cu rol important în stabilitatea depozitelor de steril, mai ales, a celor cu particule de steril fine (iazurile de decantare), influențând, în același timp, și intensitatea fenomenelor de eroziune de la suprafața acestora.

Pe teritoriul municipiului Baia Mare se găsesc următoarele clase de soluri: luvisoluri, cambisoluri, soluri interzonale. (OJSPA Baia Mare, 1995, Damian F.,ș.a.,2008). Solurile din Baia Mare s-au format pe un material parental constituit din roci vulcanice specifice zonelor montane din partea nordică și nord-estică și pe rocile sedimentare, din zona depresionară, constituite din argile, marne, depozite aluvionare de tip nisipuri și pietrișuri. (Damian, F., ș.a., 2008)

În zona municipiului Baia Mare, datorită precipitațiilor bogate ce cad în tot cursul anului, rețeaua apelor de suprafață este foarte bogată, grupându-se în două bazine de recepție: Someșul și Lăpușul.

Municipiul Baia Mare este drenat de râul Săsar, afluent pe partea dreapta a râului Lăpuș. Râul Săsar străbate orașul Baia Mare de la est la vest, colectând apele râurilor Chiuzbaia și Firiza, a pâraielor Sfântul Ioan, Racoș și Borcuț.

Apele subterane din depresiune sunt direct influențate de prezența în subsolul depresiunii a argilelor marnoase de culoare vineție, de vârstă panoniană peste care repauzează formațiuni mai noi aluviale. La nivelul orașului apa subterană se găsește în două straturi: acvifer – freatic și acvifer de adâncime. Apele freatice sunt întâlnite în terasele Râului Săsar și glaciesul Băii Mari versant. (Ujvari, I, 1979)

Deoarece ne găsim într-o zonă de contact între șes, deal și munți, vegetația în regiunea Baia Mare va fi constituită, atât din plante caracteristice șesului, cât și dealurilor, podișurilor și munților.

Cercetările efectuate de-a lungul timpului asupra rocilor magmatice și a zăcămintelor asociate din munții Gutâi au condus la evoluția concepției referitoare la caracteristicile și desfășurarea proceselor magmatice. Primele cercetări au pus în evidență existența doar a unor procese de tip vulcanic, ulterior fiind evidențiată și o activitate de tip intruziv, concretizată prin corpuri subvulcanice. Imaginea actuală privind magmatismul din munții Gutâi a fost completată prin punerea în evidență pe baza datelor geofizice a unui pluton în fundamentul regiunii. Delimitarea ciclurilor și fazelor de erupție, precum și a districtelor și fazelor metalogenetice a reprezentat o etapă importantă în înțelegerea evoluției proceselor magmatice și a celor metalogenetice. Studiile ulterioare bazate pe analize moderne au avut ca punct de pornire această concepție, determinând o actualizare și o îmbunătățire a acesteia.

Pe baza conținutului paleontologic al depozitelor sedimentare din munții Gutâi, începutul sedimentării a fost plasat la începutul miocenului mediu. Procesul de sedimentare a continuat cu întreruperi locale sau regionale până în Pannonian sau până în Pontian și chiar Pleistocen. Faptul că vârstele radiometrice ale rocilor vulcanice indică o încetare a activității vulcanice în Pannonian (Pécskay et al., 1994) ar sugera o reconsiderare a vârstelor

formațiunilor sedimentare considerate mai tinere decât Pannonianul, aflate în relație directă cu vulcanitele.

Formațiunile sedimentare de vârstă Badenian inferior, localizate în sud-vestul munților Gutâi, sunt dispuse discordant peste formațiunile flișoide paleogene aparținând Pienidelor. Aceste formațiuni apar în relație directă cu roci piroclastice acide primare și resedimentate, iar din punct de vedere litologic sunt reprezentate prin argile și marne, gresii cu intercalații microconglomeratice și calcare.

Badenianul superior este reprezentat prin argile, marne, gresii și calcare, formațiunile de această vârstă având o extindere areală. În apropierea bazinului Baia Mare caracterul detritic devine mai accentuat, iar intercalațiile de material piroclastic sunt mai abundente.

Depozitele sedimentare sarmațiene sunt dispuse atât în continuitate de sedimentare peste cele badeniene, cât și discordant. Din punct de vedere litologic, sarmațianul este compus din argile, marne și gresii. Primele formațiuni aparținând sarmațianului au vârsta Volhynian inferior, fiind răspândite în sud-vestul și sud-estul munților Gutâi și a bazinului Maramureșului. Formațiunile de vârstă Volhynian – Bessarabian inferior, constituite din alternanțe de argile și gresii, reprezintă partea principală a succesiunii depozitelor sedimentare sarmațiene. Aceste formațiuni sunt răspândite în toată regiunea munților Gutâi.

Peste depozitele sarmațiene se dispun discordant formațiuni sedimentare pannoniene cu o litologie reprezentată prin argile, marne, nisipuri, gresii cu intercalații conglomeratice. Vârsta acestor depozite considerate a avea un caracter transgresiv este Pannonian superior. Formațiunile pannoniene au o răspândire mai mare în partea estică a regiunii munților Gutâi (zona Baia Sprie – Cavnic – Băiuț). Orizontul grezos descris la partea superioară a succesiunii depozitelor pannoniene a fost considerat anterior de vârsta ponțiană. Formațiunile sedimentare mai noi (Pannonian superior – Ponțian – Pliocen), reprezentate prin argile, marne și nisipuri cu intercalații de cărbuni, au fost reconsiderate ca fiind tot pannoniene.

Datorită conținuturilor ridicate în metal, zăcămintele filoniene au fost considerate mult timp drept cele mai importante concentrări metalifere. Progresele geologico-tehnologice din secolul 20 au favorizat introducerea gradată a zăcămintelor de sulfuri masive sau a celor de tip porfiric în circuitul economic, determinând mutații semnificative în gitologie, fără însă a minimiza importanța zăcămintelor filoniene.

Filoanele din regiunea Baia Mare posedă frecvent o zonalitate pe verticală caracteristică, cu Au-Ag la partea superioară, Pb – Zn la cea mediană și îmbogățiri în Cu spre adâncime. Bine reprezentată este, de obicei, alterația perifiloniană, marcată de neoformațiuni potasice (adular frecvent) și / sau filitice (sericit frecvent) în apropierea filonului argilice sau argilice avansate în porțiuni superficiale și propilitice la periferie, acestea din urmă având, în numeroase cazuri, un caracter generalizat. (Vlad, S.N., 2005)

Caracteristica definitorie a metalogenezei carpatine în regiunea metaliferă Baia Mare constă în predominanța tipologiei endogene, implicând, cu pondere majoră vulcanitele neogene. Unitățile sunt reprezentate de complexe vulcano-plutonice, iar zăcămintele asociate (alături de cele din Patruleterul Aurifer) sunt recunoscute în toată lumea pentru bogata informație gitologică oferită precum și pentru cantitatea de metal nobil extrasă. (Vlad, 1993)

Depresiunea Baia Mare a luat naștere prin afundarea unei arii din zona flișului transcarpatic și a învelișului posttectonic al zonei cristalino-mezozoice din vestul Maramureșului. Depresiunea Baia Mare a evoluat ca atare din Badenian până în Pliocen.

Din punct de vedere tectonic, Depresiunea Baia Mare nu prezintă complicații, însă fundamentul, care este compartimentat în blocuri, a influențat procesul de sedimentare, mai ales, în ceea ce privește grosimea depozitelor. (Mutihac, V., 1990)

În regiune sunt descrise peste 400 specii minerale, unele fiind descoperite aici pentru prima dată (ex: andorit, dietrichit, rodonit, săcărâmbit etc.). Peste 100 dintre acestea apar în zăcămintele de la Baia Sprie și Cavnic. (Borcoș, 1968).

3. Identificarea principalelor caracteristici tehnice ale depozitelor de deșuri miniere din regiunea Baia Mare

Descrierea substratului geologic din profunzime s-a realizat în scopul determinării tipurilor de steril care împreună cu substanța utilă au fost exploatate în vederea valorificării. Sterilul fără valoare economică, într-o anumită perioadă de timp, a fost depus la suprafața solului sub formă de depozite de deșuri, fie provenite direct din explorare și / sau exploatare, fie în urma proceselor de valorificare din uzinele de preparare.

Evaluarea poluării solului și subsolului, în vederea determinării posibilităților de migrare a poluanților în sol-subsol și pânza freatică, se realizează prin investigarea mediului geologic, cu precădere a litologiei solului, pentru a-i determina structura, textura, permeabilitatea, caracteristicile geo-chimice, respectiv posibilitatea de a interacționa cu poluanții generați din depozitele de deșuri miniere. Cunoscând litologia solului se poate, astfel, prevedea capacitatea acestuia de a reține poluanții sau a le permite migrarea în adâncime, spre pânza freatică precum și caracteristicile de drenaj, cu influență directă asupra stabilității fizice a depozitului.

Depozitele de deșuri studiate din regiunea Baia Mare sunt ilustrate în figura 2:

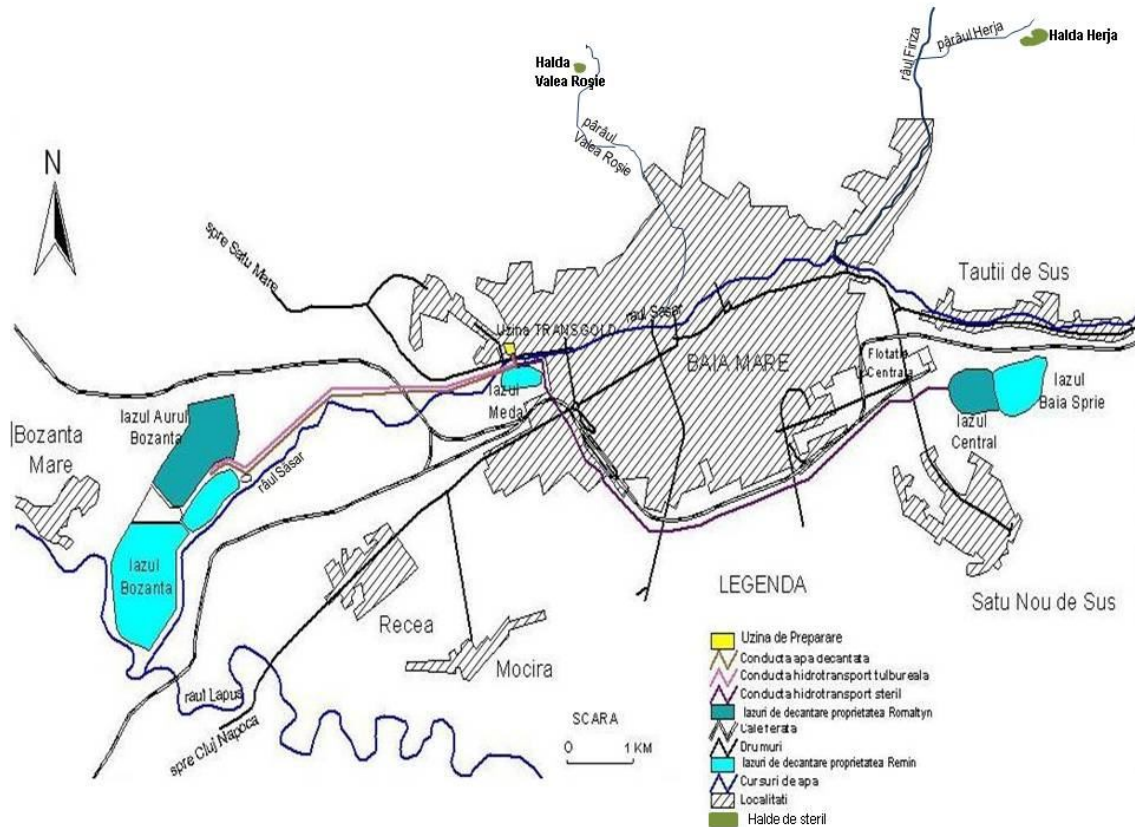


Fig. 2. Amplasarea depozitelor de deșuri miniere studiate în raport cu intravilanul localității Baia Mare

Principalele caracteristici tehnico-constructive ale depozitelor de deșuri miniere studiate sunt prezentate în tabelul nr. 1.

Tabel 1: Caracteristici tehnico-constructive ale iazurilor de decantare (Sursa: Datele prezentate au fost colectate și prelucrate de la APM Maramureș)

Nr. crt.	Depozit de steril	Anul punerii în funcție	Anul scoaterii din funcție	Suprafața ocupată	Volumul steril depozitat	Proveniența sterilului
1.	Iaz Aurul	1999	2006 ^{a)}	89 ha la bază	5,3 mil. tone	Steril flotație (exploat. sterilului de pe Iazul Meda)
2.	Iaz Bozânta Nou	1976	2006	105 ha la bază / 60 ha la coronament	43,59 mil. tone	Steril flotație + ape de la mina Săsar; actualmente nămol stația de epurare orășenească
3.	Iaz Bozânta Vechi	1972	1982	15 ha la coronament	8,5 mil. tone	Steril flotație
4.	Iaz Central	1962	1976	48 ha la bază / 39 ha coronament	8,9 mil. tone +80 mii tone pirită arsenioase	Steril flotație; + pirită arsenioase (în anul 2004)
5.	Iaz Tăuții de Sus	1962	2006	48,6 ha la bază	13,7 mil. tone	Steril flotație; + ape mină Baia Sprie
6.	Halda Herja (incintă minei) -halda veche -halda nouă	1960 1975	1997 2001 ^{b)}	0,45 ha 0,16 ha	11 250 m ³ 5 260 m ³	Steril mina Herja
7.	Halda Valea Roșie	Înainte de 1990	Înainte de 1990	0,6 ha	44 300 m ³	Steril lucrări explorare IPEG

- a) Iazul Aurul a fost scos din funcție temporar în anul 2006, în prezent fiind în stare de conservare.
- b) Halda nouă a minei Herja a fost considerată activă până în anul 2008, deși, după anul 2001, sterilul rezultat din exploatarea minieră Herja a fost depus în subteran, pentru rambleierea spațiilor exploatate; depunerea sterilului pe haldă, după anul 2001 fiind sporadică.

Din punct de vedere mineralogic depozitele de deșeuri miniere din regiunea studiată prezintă următoarea compoziție:

- minerale de gangă: în special: cuarț, feldspați, amfiboli, piroxeni;
- carbonați;
- minerale argiloase;
- minerale metalice: cu precădere sulfuri metalice: pirită, pirotină, marcăsită, calcopirită, arsenopirită, blendă, galenă;
- minerale secundare ale sulfurilor: minerale secundare de Fe, HOF, formate pe seama amfibolilor și piroxenilor; (Benciu, 2007)
- zguri metalice.

4. Impactul asupra mediului, generat de prezența depozitelor de deșeuri miniere din regiunea Baia Mare

Impactul depozitelor de steril asupra mediului este generat pe toată perioada ciclului de viață a depozitelor: înainte, în timpul și după desfășurarea propriu-zisă a operațiunilor miniere. Impactul asupra terenului include: înlăturarea vegetației, executarea drumurilor de acces și a infrastructurii necesare, ocuparea terenului cu cantități mari de steril rezultate din activitățile de valorificare a minereurilor, depuse în halde și iazuri de decantare, utilizarea excesivă a resurselor de apă și generarea apelor acide, distrugerea unor habitate naturale și emisii poluante, sub diverse forme, în ecosistemul înconjurător.

Impactul asupra mediului, generat de depozitele de steril, fie ele halde sau iazuri de decantare este asociat:

- terenului de depozitare și caracteristicilor geomorfologice ale acestuia;
- mărimii zonei afectate de depozit și influenței depozitului asupra zonelor adiacente, inclusiv posibile alunecări ale depozitelor;
- emisiei contaminanților în mediu care, fie pe cale aeriană, fie transportați de ape, contaminează solul, subsolul, pânza freatică, apele de suprafață, generând implicit impact asupra biocenozelor, dar și asupra sănătății oamenilor.

Contaminanții eliberați în mediu ce provin din depozitele de deșeuri sunt, în primul rând, consecința existenței mineralelor cu conținut de sulfuri metalice pe care aceste depozite le conțin. Depozitele de steril provenite din exploatarea și prelucrarea minereurilor metalice (Cu, Pb, Zn, Au - Ag, Fe) abundă în minerale sulfuroase, ceea ce determină, inevitabil, expunerea sulfurilor metalice la acțiunea oxigenului atmosferic. Sulfurile metalice sunt expuse mediului aerob, în depozitele de deșeuri miniere, cu consecințele cunoscute: generarea apelor acide (ARD) care eliberează și mobilizează ionii metalici în soluție, determinând, astfel, migrarea lor în mediu.

Pentru a caracteriza starea factorilor de mediu în vecinătatea depozitelor de deșeuri miniere din regiunea Baia Mare și pentru evaluarea corectă a impactului asupra mediului, datorat existenței acestor depozite, s-au prelevat mai multe probe de sol, de steril și de apă din zona studiată, după cum urmează:

- Probe de steril din iazurile de decantare din regiunea studiată;
- Probe de steril din haldele studiate;
- Probe de apă analizate in situ în iazurile de decantare și în canalele de gardă ale iazurilor;
- Probe de apă de suprafață din cursurile de apă din municipiul Baia Mare, amonte și aval de locul de amplasare al depozitelor de deșeuri;
- Probe de sedimente din râuri, din aceleași puncte.

În plus, din datele monitorizate de către Agenția de Protecție a Mediului Maramureș s-a realizat interpretarea următoarelor determinări:

- Concentrațiile de poluanți în sol, în vecinătatea depozitelor de steril (halde și iazuri de decantare) din regiunea studiată;
- Probe de apă subterană colectate din forajele de hidroobservație din vecinătatea depozitelor de deșeuri miniere.

Analiza probelor colectate s-a realizat în laboratorul (autorizat RENAR) al Institutului de Cercetare pentru Instrumentație Analitică, ICIA, Cluj-Napoca, utilizând:

- ✓ spectrofotometrul cu fluorescență de raze X pentru determinarea compoziției chimice a sterilului;

- ✓ spectrometrul de emisie atomică în plasmă cuplată inductiv, ICP –OES, pentru determinarea concentrațiilor de poluanți în apele de suprafață;
- ✓ spectrometru de absorbție atomică în flacără Perkin Elmer 3030B (IU-06), pentru determinarea concentrațiilor elementelor în sedimentele râurilor;
- ✓ pentru determinarea parametrilor care își modifică valorile funcție de condițiile de microclimat (temperatură, presiune, conductivitate, pH, potențial redox, total solide dizolvate) s-a efectuat analiza probelor de apă in situ, utilizându-se analizorul electrochimic tip WTW Series Multi 720;

Este de remarcă faptul că toate iazurile de decantare din regiunea studiată sunt situate în vecinătatea unor cursuri de apă de suprafață. O explicație a alegerii locului de amplasare pentru depozitele de steril studiate, poate fi dată de faptul că, terenul de fundare, fiind constituit din depunerile aluvionare (pietriș) din luncile râurilor, asigură un bun drenaj, cu consecințe favorabile în privința stabilității fizice a acestora. Problema care apare este dată, însă, de faptul că infiltrațiile și scurgerile de apă acidă din depozite nu sunt colectate în totalitate, fapt ce generează poluarea solului, subsolului, pânzei freatice și apelor de suprafață din vecinătate.

Analizele de steril de pe iazurile de decantare efectuate cu spectrofotometrul XRF, au evidențiat concentrații importante ale sulfului, ale unor metale - Cu, Zn, Pb, Mn, Cd, Co, Cr etc. - și metaloizi – As, Sb.

Acumularea ionilor metalici în apele de suprafață este însă destul de importantă (fig. 3), clasificând calitatea acestora, în mai multe secțiuni, în clase de calitate inferioare. Astfel, din punct de vedere al conținutului de Zn și Cd, râul Săsar se încadrează în categoria a V – a de calitate, iar conținutul de As încadrează apele de suprafață în categoria a III-a și a IV-a de calitate.

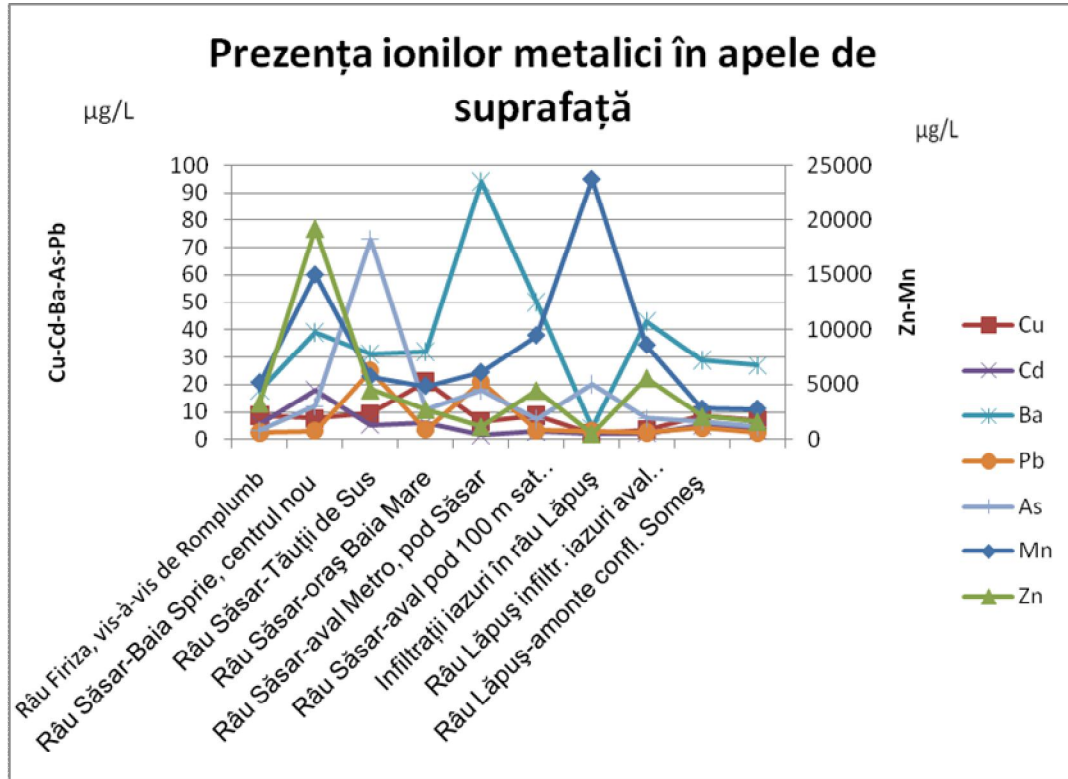


Fig. 3. Conținutul de poluanți determinat în apele de suprafață din regiunea Baia Mare

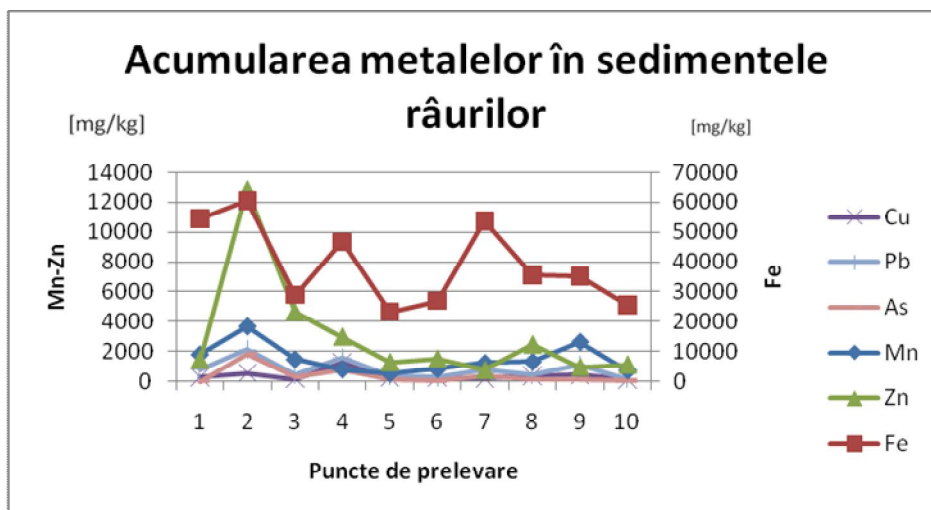


Fig. 4. Acumularea metalelor în sedimentele râurilor din regiunea Baia Mare (punctele de prelevare sunt aceleași ca și pentru apele de suprafață)

Prelevarea probelor din sedimentele râurilor s-a efectuat din aceleași puncte ca și pentru apele de suprafață (fig. 4). În sedimentele râurilor s-au determinat depășiri ale concentrațiilor de Cd, Pb, As, Zn și Cu. Poluarea râurilor și a sedimentelor este consecința unor cauze cumulate, astfel: activitățile miniere din amonte de Baia Mare, activitățile industriale și urbane din orașul Baia Mare (inclusiv activitățile metalurgice), dar și de existența depozitelor de deșuri miniere din regiunea studiată. Nu se poate aprecia cu exactitate care este aportul fiecărei activități, sedimentele fiind transportate de curenții de apă, la distanțe diferite, funcție de variația sezonieră a debitului râului.

Aportul depozitelor de deșuri provenite din valorificarea minereurilor situate în regiunea Baia Mare, la poluarea apelor de suprafață, nu este evidențiat în analizele efectuate ca fiind semnificativ. Proba cu cea mai mare concentrație de poluanți este prelevată din râul Săsar în Baia Sprie (fig. 5) și provine din activitățile miniere desfășurate în amonte de Baia Mare. Se observă o descreștere a poluării apei râului Săsar, pe măsură îndepărtării de localitatea Baia Sprie.

Pentru râul Lăpuș s-a identificat, o secțiune cu o concentrație mai importantă a poluanților, aval de confluența cu Râul Săsar, urmând ca, în continuare, până la de vărsarea în Someș, concentrațiile poluanților să se diminueze (nu mai apar alte surse de poluare, crește debitul râului și, implicit, diluția poluanților).

Aciditatea apei, crește mobilitatea și bio –disponibilitatea elementelor, respectiv concentrația totală a solidelor dizolvate. Multe dintre metale își sporesc solubilitatea ionică în condiții acide și oxidante, în plus, metalele nu sunt adsorbite la suprafața solidelor la pH redus. În multe cazuri concentrațiile mari de metale grele în apă sunt asociate condițiilor acide și oxidante.

Poluarea factorilor de mediu în zona depozitelor de deșuri miniere este evidențiată de analizele efectuate.

Cianura nu a fost pusă în evidență în niciuna dintre analizele efectuate, cu valori peste limitele admise; explicația este datorată faptului că, pe depozitele de deșuri miniere din regiunea studiată, nu s-a mai adus aport de turbureală cu conținut de cianuri, în ultimii trei ani, iar cianura existentă până atunci în depozite s-a degradat în mod natural, prin procesele de oxidare biologică, la compuși nepericuloși pentru mediu.

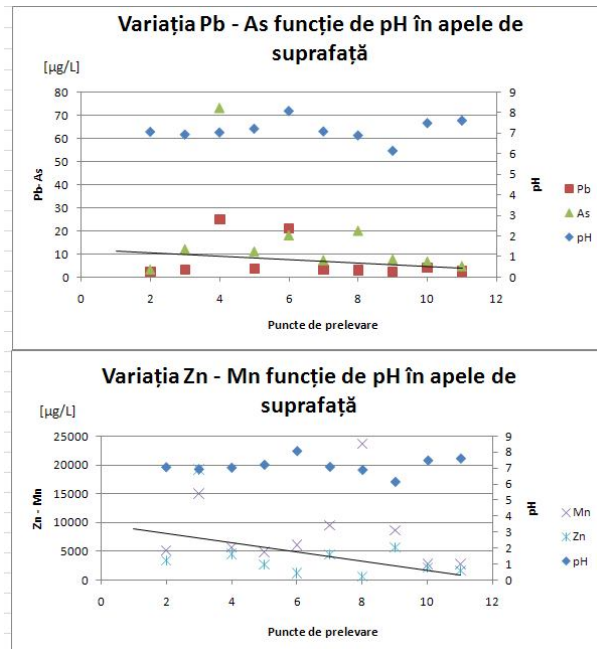


Fig. 5. Evoluția concentrațiilor de metale grele și variația pH-ului în probele de apă de suprafață prelevate din regiunea Baia Mare

Se remarcă prezența Pb în toate probele de sol, steril, sedimente și apă prelevate din municipiul Baia Mare precum și în toate rapoartele de monitorizare ale Agenției de Protecție a Mediului, având, de cele mai multe ori valori peste limitele admise. Prezența Pb în toate probele prelevate, inclusiv în probele de sol martor, este, probabil, consecința poluării istorice a zonei. Principala sursă de poluare cu Pb în regiunea Baia Mare, o constituie industria metalurgică. Spre deosebire de poluarea generată de industria metalurgică, poluarea cu Pb generată de depozitele de deșuri miniere se manifestă pe areale mai restrânse, în vecinătatea imediată a depozitelor.

Depozitele de deșuri miniere pot produce și poluarea atmosferei, cu precădere în perioadele secetoase mai lungi, când particulele fine pot fi antrenate de către vânt și transportate spre zona înconjurătoare. Acoperirea cu vegetație a depozitelor limitează acest tip de poluare, până la impact nesemnificativ (cazul Iazului Bozânta Vechi, unde s-a dezvoltat vegetație bogată și diversă).

Impactul asupra mediului generat de depozitele de deșuri miniere din regiunea Baia Mare s-a estimat, comparând concentrațiile poluanților determinate în urma analizei probelor prelevate sau a rezultatelor monitorizărilor APM Maramureș, cu limitele admisibile acceptate de legislația în vigoare.

5. Riscuri generate de existența depozitelor de deșeuri miniere

Prin modul de formare, structura și aspectul geomorfologic de relief antropic al depozitelor de deșeuri miniere precum și prin modul lor de amplasare în mediul, adesea, accidentele tehnologice produse la aceste depozite și dificil a fi prevenite, sunt inițiate de hazarde naturale. Acest tip de accidente sunt denumite în literatura de specialitate „*accidente Na-Tech*”, accidente tehnologice declanșate de dezastre naturale și pot avea ca rezultat accidente umane, inclusiv pierderi de vieți omenești, pagube materiale și efecte negative de diferite intensități, asupra mediului înconjurător.

De cele mai multe ori, cauzele producerii accidentelor la depozitele de deșeuri miniere, nu sunt singulare. Există cauza declanșatoare, însă, acestea nu acționează independent, ci asigură doar inițierea evenimentului, în continuare, urmând o înlănțuire de cauze generate de punctele de vulnerabilitate, existente la un moment dat în corpul depozitului sau unor înlănțuiri de cauze naturale, prin care se declanșează accidente tehnologice.

Analiza și evaluarea riscurilor pentru depozitele de deșeuri din regiunea Baia Mare s-a realizat prin parcurgerea următoarelor etape:

- Identificarea riscurilor pentru depozitele de deșeuri miniere din regiunea Baia Mare, rezultată în urma imaginării scenariilor posibile de accident pentru depozitele de deșeuri miniere, funcție de tipul constructiv al acestora;
- Evaluarea riscurilor la depozitele de deșeuri miniere din regiunea Baia Mare, utilizând metoda calitativă de evaluare, metodă care ne furnizează o înțelegere generală a riscurilor ce pot să apară și o ierarhizare a acestor riscuri, funcție de evenimentele care le declanșează;
- Măsuri de reducere a riscurilor pentru depozitele de deșeuri miniere, luate deja pe amplasament precum și măsuri propuse a se adopta, pentru o mai bună gestionare a riscurilor în regiunea studiată.

S-au propus scenarii de accident specifice pentru iazurile de decantare și pentru haldele de steril studiate. S-au avut în vedere principalii receptori, în caz de accident și s-a estimat probabilitatea de producere a unui accident, utilizând datele din literatura de specialitate, în contextul etapei actuale din ciclul de viață al depozitelor de deșeuri studiate. S-a realizat, matricea de cuantificare a riscurilor, întocmită pe baza scenariilor posibile de accident, descrise.

Rezultatele analizei de risc au identificat ca riscuri cu potențial ridicat, riscurile privind generarea ARD. Apele acide sunt generate aproape sigur din depozitele de steril din regiunea Baia Mare, cele mai multe depozite de steril (excepție face iazul Aurul) sunt amplasate direct pe sol, fără măsuri de impermeabilizare a cuvetei, iar rocile sterile depuse în aceste depozite au potențial de generare al apelor acide.

Scenariile legate de pierderea stabilității și ruperea digurilor depozitelor sunt încadrate în categoria celor cu risc moderat, deoarece au probabilități de producere reduse, însă, în cazul în care se produc, pagubele rezultate sunt majore. În general, acest tip de accidente se produc din cauze cumulate, compuse din cauze tehnologice care se suprapun unor evenimente naturale extreme, așa zise, accidente Na-tech. Cauzele singulare au un potențial mai redus de producere a unui accident soldat cu pierderea stabilității sau cu ruperi ale digului de contur, deoarece, adesea sunt semnalizate de prăbușiri, eroziuni de mică anvergură sau alte indicii ce pot fi detectate prin monitorizarea zilnică și care, remediate la timp, vor putea evita accidentul.

Scenariile cu risc scăzut sunt cele care, în principal, nu se pot produce în condițiile actuale, din cauza faptului că depozitele nu sunt în stare de funcționare, ci în stare de închidere/conservare, respectiv post-închidere.

Măsurile de reducere a riscurilor pentru depozitele de steril minier constau în primul rând într-o monitorizare corectă și cât mai completă a comportării lor în timp, prin dotarea tuturor depozitelor cu echipamente de monitorizare specifice, prin particularizarea programelor de monitorizare și adoptarea planurilor de urgență, pentru asigurarea răspunsurilor adecvate, în cazul situațiilor de urgență pentru fiecare depozit în parte.

6. Măsuri de reconstrucție ecologică a depozitelor de deșuri miniere din regiunea Baia Mare

Recomandările pentru reconstrucția ecologică a unei zone, necesită evaluarea fondului natural, deoarece, adesea, în arealele miniere, unde sunt cantonate resurse minerale la diferite adâncimi, mineralele pot apărea ca aflorimente în zona suprafeței, fiind, astfel, posibil ca fondul natural să prezinte valori ridicate în ceea ce privește prezența unor substanțe în mediu. În aceste condiții, reconstrucția ecologică și/sau depoluarea unei suprafețe, nu se vor realiza la valorile parametrilor impuși de legislația în vigoare, dacă aceștia sunt mai restrictivi, decât caracteristicile naturale ale mediului înconjurător în acea zonă.

S-a observat că, depozitele de deșuri miniere vechi din regiunea studiată s-au re-vegetat în mod natural, cu un aport minim din partea companiilor miniere. Este cazul iazului Bozânta Vechi și parțial a haldelor de steril care sunt acoperite cu vegetație în proporție de peste 75 %, pe întreaga suprafață. Este valabil și pentru taluzurile exterioare ale celorlalte depozite.

În vederea reconstrucției ecologice, pentru toate depozitele de deșuri din regiunea studiată se impune dotarea cu echipamente de monitorizare a stabilității fizice și a variației parametrilor chimici. Acoperirea cu sol vegetal a depozitelor este o problemă pentru companiile miniere din zonă, întrucât, în cele mai multe cazuri acesta nu a fost descoperit înainte de amplasarea depozitului, pentru a putea fi utilizat la reconstrucția ecologică. Astfel, va trebui prelevat și adus sol din zonele adiacente, fără, însă, a aduce prejudicii zonelor din care se prelevează acesta.

Sub solul vegetal vor trebui asigurate 1 – 2 straturi de drenaj care vor funcționa ca filtre inverse, pentru a nu permite ridicarea nivelului freatic în depozit, peste limita la care ar putea afecta stabilitatea fizică. Este indicat a se aplica un sistem multistratificat, constituit din strat de materie organică, ca barieră biotică, strat de calcar cu rol de neutralizare al ARD și aplicarea unui filtru geosintetic (membrană geosintetică), la contactul cu sterilul.

Din analizele efectuate pentru exfiltrațiile din depozite (în capitolul 4), se poate remarca:

- În canalele colectoare din vecinătatea depozitelor de steril pH-ul determinat are atât valori acide, sub limita acceptată de legislația în vigoare, cât și valori neutre, însă pentru probele de apă subterană valorile pH determinate sunt de cele mai multe ori acide;
- pH-ul probelor de sol, din vecinătatea depozitelor, are adesea, valori acide, pentru cele mai multe dintre analize;
- Concentrațiile de metale grele și metaloizi din sol, apele subterane, apele de suprafață și sedimente depășesc, în imediata vecinătate a depozitelor, pentru unele dintre probele analizate, limitele admise de legislația în vigoare.

Aceste considerente ne conduc la concluzia că depozitele de deșeuri din regiunea Baia Mare sunt generatoare de drenaj acid, ARD. Așadar reconstrucția ecologică pentru depozitele din regiunea studiată nu se rezumă doar la monitorizarea stabilității și acoperirea cu sol vegetal a depozitelor de deșeuri. Este, de asemenea, necesară luarea de măsuri care să aibă în vedere tratarea apelor acide generate din aceste depozite. Soluția pe termen lung este tratarea pasivă a apelor acide prin metoda combinată (bio-chimică), cu pat de calcar și terenuri umede construite (constructed wetland).

Pentru atenuarea poluării apelor subterane, se propune metoda de atenuare naturală, recomandată de US EPA care recunoaște faptul că, adesea, degradarea intrinsecă poate fi mai eficientă, decât unele procese induse artificial, prin măsuri tehnice de remediere a apelor subterane. Prin colectarea și tratarea pasivă a exfiltrațiilor, sursa de poluare a apelor subterane poate fi îndepărtată dacă nu total, cel puțin într-o bună măsură. Monitorizarea procesului de atenuare naturală este necesar a se asigura pentru o perioadă de mai mulți ani (minimum 30, la fel cu monitorizarea depozitelor, conform legislației în vigoare). Atenuarea naturală depinde de caracteristicile geochimice ale unei zone, procesele de retenție (adsorbție) din sol și subsol, iar comunitatea microorganismelor existentă la suprafața de contact dintre pânza freatică și zona saturată poate să accelereze și să îmbunătățească procesul de atenuare naturală a poluării.

7. Evaluarea ciclului de viață – opțiune durabilă a managementului depozitelor de deșeuri miniere din regiunea Baia Mare

Evaluarea ciclului de viață este o evaluare globală și complexă care ajută al identificarea oportunităților de îmbunătățire a aspectelor legate de protejarea mediului înconjurător prin reducerea impactului asupra mediului, în diferitele etape ale ciclului de viață, la luarea deciziilor optime, în ceea ce privește eficiența economică, în condițiile reducerii consecințelor de mediu.

Managementul deșeurilor miniere este o componentă principală a evaluării ciclului de viață. Astfel, managementul sterilului prin prisma evaluării ciclului de viață va include și opțiuni alternative de evaluare pentru:

- ✓ minimizarea volumului de steril generat, prin alegerea metodei potrivite de extragere;
- ✓ evidențierea și punerea în aplicare a oportunităților de utilizare a sterilului în alt tip de activități (în proiecte de infrastructură, prin încorporarea în betoane, pentru restaurarea unor amplasamente degradate sau pentru rambleierea spațiului exploatat);
- ✓ prelucrarea cât mai completă a sterilului în uzina de preparare pentru extragerea componentelor utili, separarea piritelor, adăugarea de material de inertizare a deșeurilor.

La evaluarea de impact a depozitelor de deșeuri miniere vechi, cum este și cazul depozitelor de deșeuri din regiunea analizată, aflate în fază funcțională avansată sau fază de închidere, punctul de pornire al evaluării nu mai poate fi etapa de proiectare, ci îl constituie depozitul de deșeuri existent care poluează, deja, suprafața de teren ocupată și vecinătățile.

S-a analizat și conținutul de steril al altor iazuri din regiunea studiată, în scopul determinării componentelor utili, ajungându-se la concluzia că, exploatarea lor ar fi rentabilă din punct de vedere economic. Ținând cont de faptul că iazurile studiate au rezultat în urma prelucrărilor în UP, utilizându-se procese tehnologice mai vechi, cu rentabilitate mai scăzută de extragere a substanțelor minerale utile, era posibil ca depozitele să mai conțină concentrații de componente utili care, cu ajutorul tehnologiilor existente la momentul actual, să poată fi extrași cu eficiență economică și beneficii ecologice din sterilul din iaz.

Un studiu mai amplu în acest sens, a fost realizat pentru exploatarea iazului Central care, împreună cu arsenopiritele depuse pe el, tratate cu *Acidithiobacillus*, este rentabil din punct de vedere economic spre a fi reprocesat, propunându-se astfel, un nou ciclu de viață pentru acest depozit, ca opțiune durabilă de reutilizare a sterilului conținut de acesta.

Aplicarea analizei multicriteriale pentru managementul iazului Central propune următoarele alternative posibile:

1. Nici o schimbare, cu poluarea, în continuare a factorilor de mediu din vecinătate;
2. Reconstrucția ecologică prin încapsularea, acoperirea cu sol vegetal și gestionarea apelor acide generate;
3. Exploatarea depozitului, reducerea la minim a riscului de mediu datorat depozitului și valorificarea substanței minerale utile existente în depozit.

Criteriile de evaluare propuse sunt:

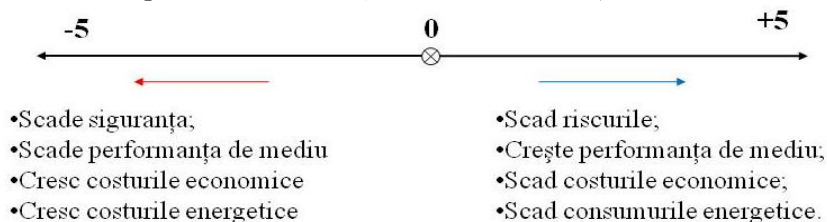
- a. Criteriul economic;
- b. Criteriul ecologic;
- c. Criteriul risc asupra mediului și populației zonei;
- d. Criteriul energetic.

Rezultă o matrice a raționamentelor de tipul celei din figura 6:

Alternative	Criteriul economic	Criteriul ecologic	Criteriul risc	Criteriul energetic
1. Fără modificări ale situației actuale	0	-5	-4	0
2. Reconstrucție ecologică și tratare ARD	-3	+4	+1	0
3. Exploatarea depozitului și reprocesarea ca resursă de minereu sărac	+3	+3	+1	-3

Fig.6. Matricea raționamentelor propusă pentru managementul iazului Central

Scara considerată pentru matricea raționamentelor este (- 5) - (+5), astfel:



Raționamentele utilizate pentru completarea matricei sunt următoarele:

- Pentru alternativa (1):
 - Costurile economice pe termen scurt par a fi zero, pentru că nu necesită nici o intervenție în plus;
 - După criteriul ecologic, impactul negativ este maxim, deoarece nu se utilizează nici o metodă de prevenire a poluării mediului; aceste costuri vor influența și criteriul economic în viitorul apropiat;
 - După criteriul risc se acordă punctajul (-4), datorită riscurilor pentru sănătatea oamenilor din zona învecinată, generate de evacuarea apelor acide în mediu,

- fără măsuri de tratare; există și riscul de alunecare al iazului, deși spre deosebire de cel ecologic, acesta este potențial;
- După criteriul energetic, starea actuală nu necesită consum energetic.
- Pentru alternativa (2):
- Reconstrucția ecologică a iazului necesită fonduri care nu pot fi recuperate, la momentul actual, datorită stării iazului (fără activitate de peste 30 de ani);
 - Din punct de vedere ecologic înseamnă reducerea poluării mediului, cu necesitatea tratării apelor acide pe o perioadă de timp nedefinită;
 - Riscul pentru mediu scade, existând doar ca risc potențial, legat mai ales de stabilitatea iazului;
 - Pentru reconstrucția ecologică nu este necesar consum energetic.
- Pentru alternativa (3):
- Din punct de vedere economic va fi o creștere datorată valorificării substanțelor minerale utile existente în iaz, dar vor fi cheltuieli de producție care trebuie acoperite: $(+5) + (-2) = (+3)$;
 - Din punct de vedere ecologic, la finalizarea exploatarei iazului, zona va putea fi reconstruită, la forma inițială (înainte de depunerea sterilului în iaz); sterilul sărăcit rezultat, va trebui depozitat pe un alt amplasament; se are în vedere amplasamentul iazului Aurul care are o capacitate suficientă de stocare pentru a putea accepta și acest steril sărăcit;
 - Riscul este, de asemenea, potențial și va fi datorat depozitării sterilului sărăcit rezultat ca deșeu în urma reprocesării iazului Central, pe iazul Aurul, care astfel va conține o cantitate mai mare de deșeu;
 - Consumul energetic este necesar pentru procesarea sterilului în uzina de preparare.

Din analiza multicriterială efectuată anterior, rezultă că reprocesarea sterilului din iaz este mai eficientă, decât reconstrucția ecologică a iazului. Concluzia obținută este susținută și de faptul că, în cazul re-procesării iazului Central va rezulta și un beneficiu economic, spre deosebire de reconstrucția ecologică, fără procesare care presupune doar cheltuieli. Bineînțeles că, și din reprocesarea iazului Central vor rezulta deșeuri, anume steril sărăcit, însă, există o soluție acceptabilă pentru depozitarea lui, fără a polua alte amplasamente nepoluate, anume, iazul de decantare Aurul, care deține o capacitate de stocare suficientă, pentru a înmagazina, în condiții de siguranță, acest steril rezultat.

Analiza SWOT efectuată pentru reprocesarea sterilului din iazul Central a condus către aceeași concluzie, beneficiile economice și ecologice aferente reprocesării surclasează punctele slabe și amenințările generate de procesul de reprocesare.

8. Sistem integrat de management al deșeurilor miniere în regiunea Baia Mare

Ținând cont de faptul că starea depozitelor de deșeuri miniere din regiunea Baia Mare este, la momentul actual, de închidere/conservare sau post-închidere, managementul adecvat al acestora, are ca obiectiv, protejarea factorilor de mediu și a așezărilor umane, în această fază a ciclului de viață a depozitelor de deșeuri miniere din regiune.

În acest context, o componentă de bază a managementului depozitelor miniere din regiunea Baia Mare o reprezintă prevenirea și controlul formării apelor acide, respectiv, pentru depozitele de deșeuri mai vechi, tratarea apelor acide, în vederea evitării / limitării migrării ARD în mediul înconjurător. Necesitatea prevenirii, controlului și tratării apelor acide rezidă în proprietatea acestor ape cu pH scăzut, de a elibera ionii metalelor grele din

depozit și de a-i transporta în mediu pe distanțe variabile, cu posibilitatea bio-acumulării lor și afectării, astfel, a organismele vii.

Producerea apelor acide prin oxidarea mineralelor sulfuroase este dependentă de pH-ul apei din depozit, fiind lentă la valori ale pH apropiate de cele neutre, crescând cu scăderea pH spre valori de 4,5 și intensificându-se spre valori ale pH în jur de 3,0 (Kleinmann, 1980, Wisconsin Department of Natural Resources Bureau of Solid & Hazardous Waste Management, 1997). Valorile pH determinate in situ în regiunea Baia Mare variază în intervalul $3,25 \div 7,91$, valorile minime înregistrându-se pentru apa din iazurile de decantare Aurul și Tăuții de Sus, cele două iazuri care au funcționat până de curând.

Responsabilitatea producerii apelor acide revine nu doar mineralelor cu conținut de sulfuri din depozite, ci și dimensiunii reduse a particulelor de steril, ce prezintă o suprafață mare de expunere la acțiunea agenților oxidanți precum și prezenței activității bacteriene specifice. (Lottermoser, 2007).

O altă reacție importantă ce are loc în depozitele de deșeuri miniere din regiunea Baia Mare este dizolvarea carbonaților (ex: calcit, CaCO_3 , dolomit, $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) ce se găsesc, alături de mineralele sulfuroase, în sterilul din depozitele de deșeuri. Spre deosebire de mineralele sulfuroase care produc aciditate, carbonații consumă acid, asigurând, astfel, neutralizarea soluțiilor acide. În afara carbonaților, mai sunt și alte minerale consumatoare de aciditate, de exemplu, unii dintre feldspați, piroxenii, olivina etc., însă, în general, aceștia joacă un rol mai puțin important decât calcitul în neutralizarea acidității (Lapakko, 1994).

Valorile apropiate de cele neutre ale pH-ului apelor provenite din depozitele de steril din regiunea Baia Mare sunt consecința existenței carbonaților în depozite precum și consecința aportului de materie organică (cazul iazului Bozânta Nou, iaz pe care se depune nămolul provenit de la stația de epurare a municipiului Baia Mare).

Se evidențiază componenta activă a managementul depozitelor de deșeuri miniere care solicită realizarea bilanțului acid – bază (potențial producere drenaj acid - potențial de neutralizare a drenajului acid de către carbonații existenți), pentru asigurarea eficienței gestionării corespunzătoare a depozitelor de deșeuri miniere, pe termen lung și, mai ales, în perioada post-închidere. În cazul creșterii acidității scurgerilor din depozit, la un moment dat, se aduc amendamente pentru neutralizare, constând, cu precădere, în aport de calcar, var sau alt material de neutralizare. De asemenea, interceptarea unor scurgeri acide din depozit, în etapa post-închidere, atrage după sine necesitatea de a interveni pe amplasament, pentru a detecta cauza și a remedia problema apărută, în cazul depozitelor de deșeuri închise și ecologizate corespunzător.

La fel ca pentru alte depozite de deșeuri periculoase provenite din industrie și pentru depozitele de deșeuri miniere gestionarea corespunzătoare prevede o izolare a depozitului de vecinătăți, de mediul înconjurător, în general.

Pentru izolarea depozitelor de deșeuri miniere din regiunea Baia Mare, sistemul de acoperire care se pretează a fi utilizat este cel uscat, constituit dintr-o succesiune de straturi de diferite granulații (pentru a acționa ca straturi filtrante care să controleze creșterea gradientului hidraulic în depozit) și diferite compoziții (calcar, cu rol de neutralizare, argilă și geosintetic, cu rol de impermeabilizare). La suprafață se prevede însămânțarea de vegetație ierboasă specifică zonei, cu rol de stabilizare a suprafeței depozitului și încetinire / stopare a eroziunilor.

Managementul corespunzător al deșeurilor miniere are ca scop evitarea etapei de tratare a drenajului acid, întrucât tratamentul drenajului acid este o soluție costisitoare și necesar a se efectua pe termen lung, împreună cu operațiile de mentenanță aferente. Pentru cazul depozitelor de deșeuri miniere vechi, acoperite cu vegetație bogată, când prevenirea producerii apelor acide nu mai poate fi realizată corespunzător, soluția este tratarea pasivă a ARD (expusă în capitolul 6).

Realizarea stabilității fizice, alături de stabilitatea chimică asigură managementul complet al depozitelor de deșeuri miniere.

Fără a realiza stabilizarea corespunzătoare a iazurilor de decantare, sterilul din componența lor este expus eroziunii, alunecărilor, fenomenelor de îngheț-dezghet și chiar unor acțiuni nedorite din partea plantelor și animalelor. Nu în ultimă instanță, fără asigurarea stabilității fizice a depozitelor de deșeuri, prevenirea generării drenajului acid poate fi superfluă, pentru că, în cazul unui accident soldat cu pierderea stabilității, integritatea barierei de stopare a acțiunii agenților oxidanți ai sterilului, ar fi compromisă.

Pentru regiunea Baia Mare intensitatea precipitațiilor este unul dintre parametri cei mai importanți avuți în vedere, pentru asigurarea stabilității fizice. Aceasta datorită specificului și frecvenței precipitațiilor în regiune (ploi frecvente cu intensitate mare, pe perioade de timp scurte), mai ales în lunile februarie – martie, când debitele pot crește, mai ales, în prezența stratului de zăpadă, ce se topește relativ brusc, în astfel de cazuri. Proiectarea depozitelor se solicită, așadar, a fi, astfel încât, panta laterală să permită un drenaj eficient al precipitațiilor, fără, însă, a fi excesiv de abruptă, pentru a nu intensifica eroziunile, respectiv antrenarea descendentă a materialului din depozit.

Pentru o gestionare adecvată a apelor din precipitații, la închiderea depozitului, e, de asemenea, important ca suprafața solului să fie stabilizată corespunzător. Stabilizarea solului se realizează prin crearea condițiilor adecvate de dezvoltare a unei pături vegetale bogate, atât pe pantele laterale, cât și la partea superioară a depozitelor, vegetație înșămânțată, cât mai curând după nivelarea pantelor finale.

Vegetația de la suprafața depozitelor aduce o gamă largă de avantaje: reduce eroziunea și posibilitatea antrenării materialului de la partea superioară spre baza depozitului, stabilizează pantele laterale, ajută la îndepărtarea apei din vecinătatea suprafeței prin accelerarea fenomenelor de evapotranspirație și îmbunătățește condițiile de apariție a unui habitat natural, pe și în jurul, depozitelor de deșeuri miniere. Aplicarea vegetației se realizează peste straturile de la suprafața depozitelor, stratul superior, fiind, din acest motiv, un strat de sol fertil, periodic amendat cu îngrășăminte specifice tipului de vegetație utilizat.

Pentru garantarea succesului managementului depozitelor de deșeuri miniere este necesar, ca în perioada post-închidere, să se realizeze monitorizarea comportării depozitelor în timp, pentru o perioadă de minim 30 ani. Cele mai multe depozite de deșeuri miniere din regiunea Baia Mare au fost închise, mai mult sau mai puțin, în mod natural, adică, bazat pe capacitatea naturii de autoregenerare, fără prea mult ajutor antropic și cu investiții minime din partea proprietarilor (statul sau companii private). Depozitele studiate sunt, la momentul actual, acoperite cu vegetație naturalizată pe taluzuri sau atât pe taluzuri, cât și la partea superioară. Pentru cazul acestor depozite prevenirea generării apelor acide este tardivă, fiind necesară tratarea lor. Exemplul elocvent îl constituie iazul Tăuții de Sus, acoperit parțial cu vegetație, prezentând, însă, eroziune pronunțată, dar și scurgeri acide, evidențiate de măsurătorile in situ ale apei din canalul de gardă: valoarea determinată, pH = 4,83. Pentru iazurile situate în estul Băii Mari, tratamentul apelor acide va necesita măsuri mai importante și mai costisitoare și monitorizare pe termen lung, decât pentru iazurile de decantare situate în vestul Băii Mari, unde, analizele in situ au evidențiat valori ale pH-ului apropiate de valorile neutre.

Și în cazul haldelor de steril studiate se observă diferențe importante între apele provenite din exfiltrații. Un pH neutru spre bazic pentru halda Herja, însă un pH acid pentru exfiltrațiile din halda Valea Roșie, unde sunt necesare, de asemenea, lucrări de tratare a apelor acide.

Măsurile de management propuse au fost detaliate în lucrare pentru fiecare depozit studiat în parte. În continuare s-a propus programul de monitorizare al depozitelor și s-a

elaborat schema generală de management integrat a deșeurilor miniere din regiunea Baia Mare (fig. 7.)

Conform schemei propuse, principalele etape ale managementului integrat al deșeurilor pentru depozitele miniere studiate sunt:

- ▶ Conformarea cu cerințele legislative în vigoare;
- ▶ Evaluarea riscului generat de depozitele de deșeuri miniere din regiunea studiată; în urma cuantificării riscurilor, se propun măsuri vizând maximizarea siguranței depozitelor și măsuri de reducere, atenuare a generării ARD din depozite;
- ▶ Reprocesarea sterilului, ca opțiune durabilă pentru depozitele vechi de deșeuri miniere, al căror steril conține concentrații de minereu suficiente pentru a-l recomanda ca depozit de minereu sărac, exploatabil cu tehnologiile moderne;
- ▶ Perfecționarea continuă a operatorilor direcți ai depozitelor, a personalului care se ocupă de monitorizare precum și utilizarea celor mai bune tehnici disponibile privind reducerea poluărilor generate de depozitele de deșeuri miniere.

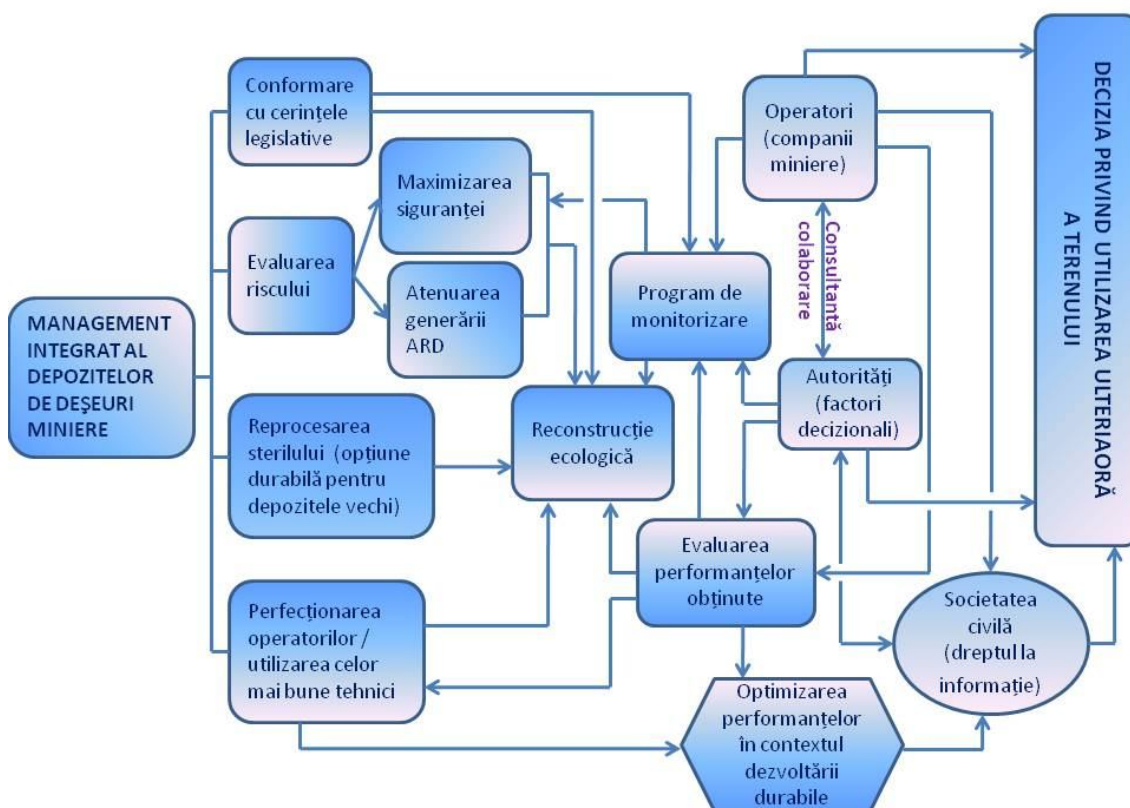


Fig. 6. Managementul integrat a deșeurilor miniere din regiunea Baia Mare

Realizarea și scopul acestor etape prezentate anterior, se concretizează, apoi, prin aplicarea măsurilor de reconstrucție ecologică necesare, iar evaluarea performanțelor atinse se realizează prin implementarea programului de monitorizare care urmărește optimizarea performanțelor de mediu ale companiei, prin asigurarea unui viitor durabil a depozitelor de deșeuri miniere studiate.

Factorii implicați în realizarea și implementarea acestui program de management integrat sunt: operatorii minieri (companiile miniere, deținătorii depozitelor de deșeuri),

autoritățile locale sau regionale (APM, Primărie, Inspectorate pentru Situații de Urgență, ISU etc.) care au și responsabilități și rol decizional în protejarea mediului și a comunității umane și societatea civilă, constituită din organizații non guvernamentale, ONG, comunitatea locală, eventualii vecini, persoane fizice direct interesate.

Implicarea comunității umane este importantă, atât datorită dreptului său la informația privind mediul, informație de tip public - conformă cu Declarația Drepturilor Omului, cu reglementările Convenției de la Aarhus, 1998 și cu Directiva 2003/4/CE privind accesul publicului la informația de mediu, acte normative ce au corespondență și în legislația românească -, cât și din punctul de vedere al luării deciziilor, în ceea ce privește utilizarea ulterioară a terenului, comunitatea fiind unul dintre beneficiarii ulteriori ai terenului și având, astfel, dreptul de a-și exprima opiniile în acest sens.

Concluzii

Analizele sterilului depus în depozitele de deșuri miniere studiate au evidențiat concentrații importante ale sulfului și a unor metale și metaloizi. Concentrațiile importante de metale determinate în probele prelevate din iazurile de decantare vechi le recomandă ca depozite de minereu sărac exploatabile, la nivelul tehnologiei actuale. Acesta este unul din motivele pentru care, nu s-a propus ca managementul iazurilor din regiunea studiată, să se realizeze prin utilizarea sterilului, ca rambleu pentru golurile rezultate din exploatare în carierele sau minele situate în vecinătate. Rambleierea unor spații exploatare ar genera și costuri de transport, în schimb, reprocesarea sterilului din iazuri este generatoare de profit, așadar beneficiile ulterioare sunt, atât economice, cât și ecologice.

Se remarcă concentrații importante de metale în apa de suprafață și sol în secțiunile / zonele cu pH redus.

Se observă o diminuare a poluării apelor, pe măsura îndepărtării față de sursele poluatoare, fie acestea activitățile miniere, fie alte activități industriale desfășurate pe teritoriul municipiului Baia Mare, prin diluția care apare inerent cu creșterea debitului râurilor, consecință a aportului de apă proaspătă, datorat unor afluenți nepoluauți.

Reprocesarea depozitelor vechi de deșuri miniere reprezintă un nou ciclu de viață pentru aceste depozite, afirmându-se ca opțiune durabilă în managementul sterilului.

Au fost propuse măsuri de management specifice pentru fiecare depozit de deșuri miniere studiat, în parte.

Principalele etape ale managementului depozitelor de deșuri miniere din regiunea studiată constau în următoarele acțiuni de preservare a mediului și comunității umane:

- Prevenirea formării drenajului acid prin selectarea deșeurilor generatoare de ARD, de cele non generatoare de ARD, realizabilă prin:
 - valorificarea mineralelor sulfuroase, către beneficiari potențial interesați în achiziționarea lor;
 - depunerea selectivă a mineralelor sulfuroase, în mod compact, în zona centrală a depozitului și înscrierea lor într-o învelitoare cu grosime minimă de 2 m de minerale non generatoare de aciditate, pentru a bloca accesul apei și oxigenului la sulfuri;
- Ermetizarea depozitului de deșuri:

- prin acoperire multistrat, de tip uscat, potrivită și realizabilă pentru cazul depozitelor de deșeuri din regiunea Baia Mare studiate (iazuri de șes și halde de steril);
- prin acoperire umedă, cu strat de apă (modalitate de acoperire ce se pretează, mai ales, pentru cazul iazurilor de vale sau a deșeurilor depuse în golurile rămase după exploatarea la zi a substanțelor minerale utile);
- Colectarea și tratarea ARD, pentru cazul depozitelor vechi, unde nu este posibilă ermetizarea completă a depozitului (de exemplu, din cauza vegetației arborescente bogate, dezvoltată deja pe taluzurile exterioare ale depozitelor ce ar trebui total îndepărtată – procedeu prea costisitor și nu neapărat benefic pentru mediu, cu posibile efecte asupra stabilității depozitului);
 - tratarea ARD fiind un proces de durată, se preferă aplicarea sa în mod pasiv, utilizând canale cu pat de calcar și terenuri umede construite;
- Monitorizarea depozitelor de deșeuri, o componentă activă a managementului acestora; în funcție de valorile determinate pentru parametrii monitorizați și de modul în care aceștia se conformează cu cerințele planurilor de închidere, pot fi aduse amendamente programelor de închidere, prin adoptarea unor măsuri suplimentare;
 - alegerea corespunzătoare a parametrilor de monitorizare și a rețelelor de puncte de colectare spațiale și temporale, reprezintă **cheia gestionării de succes** a depozitelor de deșeuri miniere, pe termen lung;
- Întreținerea depozitelor de deșeuri miniere, a echipamentelor de monitorizare, asigurarea bunei lor funcționări pe termen lung.
 - atât în etapa de funcționare, cât și în etapa post-închidere sunt necesare activități de întreținere și mentenanță pe amplasamentul depozitelor și în vecinătatea acestora; pentru perioada post-închidere întreținerea solicită, în principal, păstrarea reperelor topografice utilizate pentru monitorizarea stabilității, prevenirea colmatării forajelor de hidroobservație, pentru prelevarea probelor de apă subterană, conform programului de monitorizare ș.a.

Realizarea măsurilor propuse, privind managementul depozitelor de deșeuri miniere din regiunea Baia Mare, solicită ca după realizarea planului de management propus, să se implementeze planul de monitorizare post-închidere. Scopul monitorizării post-închidere este realizarea evaluării pe termen lung, a evoluției regiunii, a poluării reziduale în zonă precum și variația (diminuarea) impactului asupra receptorilor direcți. Necesitatea implementării planului de monitorizare este dată, atât de cerința de a urmări diminuarea poluării în zonă, cât și de exigențele legislative actuale, în contextul dezvoltării durabile.

Lucrarea prezentă poate fi punct de plecare pentru proiecte de cercetare vizând decontaminarea și reconstrucția ecologică a suprafețelor, în zonele învecinate depozitelor de deșeuri miniere. Decontaminarea și reconstrucția acestor zone este importantă, pentru faptul că depozitele de deșeuri miniere sunt amplasate în vecinătatea spațiului urban (spațiul periurban), de care beneficiază întreaga populație a regiunii.

Bibliografie selectivă

- Abratis PK, Pattrick RAD, Kelsall GH, Vaughan DJ (2004) Acid leaching and dissolution of major sulphide ore minerals: processes and galvanic effects in complex systems. *Min Mag* 68:343-351
- Alpers CN, Blowes DW (eds) (1994) Environmental geochemistry of sulfide oxidation. American Chemical Society, Washington DC (Symposium Series 550)
- Alpers CN, Nordstrom DK (1999) Geochemical modeling of water-rock interactions in mining environments. In: Plumlee GS, Logsdon MS (eds) The environmental geochemistry of mineral deposits. Part A: Processes, techniques and health issues. Society of Economic Geologists, Littleton (Reviews in economic geology, vol 6A, pp 289-323)
- Alpers CN, Blowes DW, Nordstrom DK, Jambor JL (1994) Secondary minerals and acid mine-water chemistry. In: Jambor JL, Blowes DW (eds) Environmental geochemistry of sulfide mine-wastes. Mineralogical Association of Canada, Nepean (Short course handbook, vol 22, pp 247-270)
- Baciu, C. și Costin, D. (2008), Geologie ambientală, Casa Cărții de Știință, Cluj-Napoca
- Banks, D. (2004), Groundwater management in mining areas, Proceedings of 2nd Image-Train, Advanced study course, Pecs, Hungary, Published by Umweltbundesamt GmbH, Vienna, 110 p.
- Banks D, Skarphagen H, Wiltshire R, Jessop C (2004) Heat pumps as a tool for energy recovery from mining wastes. In: Gieré R, Stille P (eds) Energy, waste, and the Environment: a geochemical perspective. Geological Society London (Special Publications 236, pp 499–513)
- Banks SB (1997) Mine-water chemistry: the good, the bad and the ugly. *Environ Geol* 32:157-174
- Banks D, Younger PL, Arnesen R-T, Iversen ER, Banks SB (1997) Mine-water chemistry: the good, the bad and the ugly. *Environ Geol* 32:157–174
- Bălțeanu, D., Șerban, M., 2005 Modificările globale ale mediului – O evaluare interdisciplinară a incertitudinilor, Ed. C.N.I. „Coresi” S.A.
- B. C. Acid Mine Drainage Task Force, 1989. Draft Acid Rock Drainage Technical Guide. Prepared by Steffen, Robertson and Kirsten (B.C.) Inc. in association with Norecol Environmental Consultants and Gormely Process Engineering.
- Benciu, F., 2007, Poluarea cu metale grele, Editura Didactică și Pedagogică R.A. București
- Berger AC, Bethke CM, Krumhansl JL (2000) A process model of natural attenuation in drainage from a historic mining district. *Appl Geochem* 15:655-666
- Bird, G., Brewer, P.A., Macklin, M.G., Bălțeanu, D., Driga, B., Șerban, M., Zaharia, C., 2003, The solid state partitioning of contaminant metals and As in river channel sediments of the mining affected Tisa drainage basin, northwestern Romania and eastern Hungary, *Applied Geochemistry* 18 (2003) 1583–1595,
- Bird, G., Macklin, M.G., Brewer, P.A., Zaharia, S., Bălțeanu, D., Driga, B., Șerban, M., 2009 - Heavy metals in potable groundwater of mining-affected river catchments, northwestern Romania, *Environ Geochem Health* (2009) 31:741–758

- Blowes DW, Jambor JL, Hanton-Fong CJ, Lortie L, Gould WD (1998) Geochemical, mineralogical and microbiological characterization of a sulphide-bearing carbonate-rich gold-mine tailings impoundment, Joutel, Québec. *Appl Geochem* 13:687-705
- Borcoş, M., Lang, B., Peltz, S., Stan, N., 1973 a. Volcanism neogene des Monts Gutâi. *Rev. Roum., Geol., Geophys., Geogr., Ser. Geol.* 17/1, 81-93.
- Borcoş, M., Lang, B., Boştinescu, S., Mîndroiş, V., Volanschi, E., 1973 b. Consideraţii privind activitatea metalogenetică asociată andezitelor piroxenice pontiene din Munţii Gutâi (zăcămintele Herja, Baia Sprie, Şuor). *St. Tehn. Econ.* I/9, 95-135.
- Borcoş, M., Fotopolos, F., Peltz, S., Socolescu, M., Stan N., 1979. Observaţii preliminare asupra structurii regiunii vulcanice neogene Oaş – Gutâi, dedusă din corelarea datelor geologice şi geofizice. *St. Tehn. Econ.* I 16, 109-130.
- Borcoş, M., Andrei, J., Crahmaliuc, R., Găbudeanu, B., Stanciu, C., Crahmaliuc, A., Milu, V., Iamandei, E., Iamandei, S., Georgescu, A., Szabo, E., Andrei, C., Rădulescu, D., Măldărescu, I., Calotă, C., Ion, D., Milesi, J.P., Marcoux, E., Piantone, P., Genna, A., Nehlig, P., 1996. Analiza structurală – metalogenetică a regiunii vulcanice neogenă Oaş-Gutâi – Ţibleş, cu privire specială asupra masivului Gutâi. *Anuarul IGR* 69, partea I: Raport de activitate al IGR pe anii 1994-1995, 236-248.
- Bud, I, Duma, S., Denuţ, I., Benciu, O., Pinteş, D., 2005, *Accidente la iazuri de decantare*, Ed. Risorpint Cluj-Napoca, 154 p.
- Damian, F., 2001, *Geochimia mediului*, Editura Universităţii de Nord, Baia Mare
- Damian, F., Damian Gh., 2008, Geochemical characterization of some old mine waste dumps from Baia Mare area and their influence on the natural vegetation, *Carpth. J. of Earth and Environmental Sciences*, Vol. I, No. 2, p. 63 – 72
- Damian F., Damian Gh., Lăcătuşu, R., Macovei, Gh., Iepure, Gh., Năprădean, I., Chira, R., Kollar, L., Raţă, L., Zaharia, D., 2008, Soils from the Baia Mare zone and the heavy metals pollution, *Carpth. J. of Earth and Environmental Sciences*, 2008, Vol. 3, No. 1, p. 85 - 98
- Frenţiu, T., Vlad, S.N, Ponta, M., Baciş, C., Kasler, I., Cordos, E., 2007, Profile distribution of As (III) and As (V) species in soil and groundwater in Bozânta Area, *Chem. Pap.* 61(3)186-193, Institute of Chemistry, Slovak Academy of Sciences;
- Jambor JL (2000) The relationship of mineralogy to acid- and neutralization-potential values in ARD. In: Cotter-Howells JD, Campbell LS, Valsami-Jones E, Batchelder M (eds) *Environmental mineralogy: microbial interactions, anthropogenic influences, contaminated land and waste management*. Mineralogical Society, London (Mineralogical Society Series no 9, pp 141-159)
- Jambor JL, Nordstrom DK, Alpers CN (2000a) Metal sulfate salts from sulfide mineral oxidation. In: Alpers CN, Jambor JL, Nordstrom (eds) *Sulfate minerals: crystallography, geochemistry and environmental significance*. Mineralogical Society of America, Washington (Reviews in mineralogy and geochemistry, vol 40, pp 303-350)
- Jambor JL, Blowes DW, Ptacek CJ (2000b) Mineralogy of mine wastes and strategies for remediation. In: Vaughan DJ, Wogelius RA (eds) *Environmental mineralogy*. EMU Notes in Mineralogy, vol 2, pp 255-290

- Jambor JL (2000) The relationship of mineralogy to acid- and neutralization-potential values in ARD. In: Cotter-Howells JD, Campbell LS, Valsami-Jones E, Batchelder M (eds) Environmental mineralogy: microbial interactions, anthropogenic influences, contaminated land and waste management. Mineralogical Society, London (Mineralogical Society Series no 9, pp 141–159)
- Lottermoser, B.G. (2007) Mine Wastes: Characterization, Treatment, Environmental Impacts, Second Edition, Springer Verlag Berlin Heidelberg
- Lottermoser BG, Ashley PM (2006) Mobility and retention of trace elements in hardpan-cemented cassiterite tailings, north Queensland, Australia. Environ Geol 50:835-846
- Modoi O.C, Ozunu A., Arghius V.I., Stefanescu N.L, Bungardean S. F, 2009, Management of risks associated to mining wastes (tailings dams and waste heaps), IOS Press , <http://www.iospress.nl/loadtop/load.php?isbn=9781586039486>, Optimisation of Disaster Forecasting and Prevention Measures in the Context of Human and Social Dynamics, 2009, P.130-144
- Modoi, O.C., Roșu, C., Costin, D., Ozunu, Al., Study on risks assessment associated to surfaces water, generated by tailing dams in Baia Mare area, Workshop on Optoelectronic Techniques for Environmental Monitoring and Risk Assessment (OTEM), INOE, Bucharest, Editor: Doina Nicolae, 973-85818-8-5, INOE, 2009, P. 44-48
- Modoi, O.C., 2009 – Managementul deșeurilor miniere în contextul dezvoltării durabile. Studiu de caz: Iaz Central, Baia Mare, simpozionul cu tema “Dezvoltarea și creșterea durabilă – aspecte esențiale privind închiderea unor depozite de deșeuri industriale din industria metalurgică și minieră, în contextul Directivelor Europene actuale.”, Universitatea Babeș – Bolyai, Facultatea de Știința Mediului, 3 iulie 2009, prezentare orală;
- Modoi, O.C., Costin, D., Ozunu, Al., Petrescu, I., 2008, Waste management from mining industries in the Baia Mare area, Slovak University of Technology, 978-80-227-2903-1, p.295, Bratislava, SK, Editori: J. Markos, V. Stefuca
- Modoi, O.C., Ștefănescu, N.L., Hening, H., Ozunu, Al., Petrescu, I., 2007, Ecological reconstruction of mining wastes – Taiex event; Workshop on Mining and the environment, poster
- Modoi O C, Ozunu Al, Cosara V., *Management of wastes resulted from the demolition of industrial plants Case study: S.C. MARATEX S.A. Baia Mare*, ENVIRONMENT & PROGRESS, Categ CNCSIS C, 11, 2007, P.310 - 316
- Modoi, O.C., 2005 Costuri ecologice la nivel macroeconomic și proiecția lor în structura financiară a firmei – Lucrare de disertație, Universitatea Babeș-Bolyai, Facultatea de Studii Europene
- Modoi, O.C. – 1998, Evaluarea impactului asupra solului datorat activităților industriale din Valea Jiului – Lucrare de disertație, Universitatea din Petroșani, Facultatea de Mine
- Moncur MC, Ptacek CJ, Blowes DW, Jambor JL (2005) Release, transport and attenuation of metals from an old tailings impoundment. Appl Geochem 20:639-659
- Mutihac, V., (1990). Structura geologică a teritoriului României. Ed. Tehnică, București, 419p.
- Nordstrom DK, Alpers CN, Ptacek CJ, Blowes DW (2000) Negative pH and extremely acidic mine waters from Iron Mountain, California. Environ Sci Technol 34:254–258

- Nordstrom, D. K & Southam, G., 1997, Geomicrobiology of sulfide mineral oxidation
Reviews in Mineralogy and Geochemistry; January 1997; v. 35;1; p. 361-390
- Ozunu, Al, Anghel, C., 2007, Evaluarea riscului tehnologic și securitatea mediului, Ed. Accent, Cluj Napoca
- Ozunu, Al. Ștefănescu, L.N., Costan, C., Miclean, M., Modoi, O.C., Vlad, Ș.N., 2009 – Surface water pollution generated by mining activities. Case study: Aries River middle catchment basin, Romania
- Ozunu Alexandru, Baciú Laurentiu Calin, Costan Camelia, **Modoi Oana Cristina**, Cosara Viorel, *Case Studies Regarding Contamination Remediation of Polluted Soils from Industrial Establishments with Closed Activities*, Environmental Engineering Science, Environmental Engineering and Management Journal, 2009, P.923 – 930.
- Ravindra W., Gaikwad, S.A., Misal, Dharendra and D.V.Gupta, 2009 - Removal of metal from acid mine drainage (AMD) by using natural zeolite of Nizarneshwar Hills of Western India, Springer Berlin / Heidelberg ISSN1866-7511 (Print) 1866-7538 (Online), 2009
- Skousen, J., Rose, A., Geidel, G., Foreman, J., Evans, R., Hellier W., 1998, - Handbook of technologies for avoidance and remediation of acid mine drainage; Published by The National Mine Land Reclamation Center located at West Virginia University in Morgantown, West Virginia, June 1, 1998
- Skousen, J. 2001. Overview of passive systems for treating acid mine drainage, West Virginia University Extension Service.
- Smith, A., and Mudder T. 1991. The chemistry and treatment of cyanidation wastes, London: Mining Journal Books Ltd.
- Smith ACS, Mudder TI (1999) The environmental geochemistry of cyanide. In: Plumlee GS, Logsdon
- Vlad, S.N., 1993 – Geologia resurselor minerale, curs, Partea I, Zăcămintele metalifere și nemetalifere, Universitatea Ecologică, București.
- Vlad, S.N., 2005 – Tipologia și gestiunea resurselor minerale metalifere, Casa Cărții de Știință, Cluj - Napoca.
- Vlad, S.N., 2006 – Resursele minerale – oportunitate irosită sau alternativă viabilă?, Dezvoltarea durabilă în secolul XXI, Revista 22, nr. 195, 13 iunie, Supliment apărut cu sprijinul Universității Ecologice București
- Wong-Chong, G.M., Dzombak, D.A., Ghosh, R.S., (2006) – Introduction. Cyanide in water and soil, p. 1-15, Taylor & Francis Group 6000 Broken Sound Parkway NW, Suite 300.
- Wong-Chong, G.M., Nakles, D.V., Dzombak, D.A., (2006) – Management of Cyanide in Industrial Process Wastewaters. Cyanide in water and soil, p. 523-570, Taylor & Francis Group 6000 Broken Sound Parkway NW, Suite 300
- Yong, R.N., Muligan, C.N. Masaharu, F., (2007). Geoenvironmental sustainability Taylor and Francis Group, 409 p.
- Younger, P.L., 2004, Wetland treatment of mine waters, Newcastle University, Department of Civil Engineering, UK, Groundwater Management in Mining Areas, Proceedings of the 2nd image-train, Advanced Study Course, Pécs, Hungary, June 23-27, p. 72 – 101.