

## **Х. ЕКОЛОШКИ АСПЕКТИ И НАЈДОБРО ДОСТАПНИ ТЕХНИКИ**

### **СОДРЖИНА**

Х.1	Еколошки аспекти и Најдобро Достапни Техники .....	2
Х.2	Техники за обработување на руда.....	14
Х.3	Техники коишто треба да се земат во обзир при детерминирање на НДТ.....	43
Х.4	Најдобри достапни техники за управување на рудните остатоци и отпадниот камен во рудните техники.....	58

## **X.1 Еколошки аспекти и Најдобро Достапни Техники**

Најзначајната тема во овој Додаток се однесува на процесите на обработка на минералите, нивните остатоци и управувањето со отпадните камења на рудата кои што имаат потенцијал за силно негативно влијание врз животната средина или пак кои што може да се сметаат како примери за “добра пракса”. Намерата во овој Додатокот е да се поткрене свесноста за употребување на сите постоечки најдобри активности во врска на овој сектор.

Металите кои што се наведени подолу и се објаснети во овој Додаток, се:

- олово
- цинк

Се дава објаснување на овие типови на метали, независно од нивните производствени количествата или пак од методите на обработка кои што се користат (на пример, било да се користат механички методи како што е методата на флотација, или пак хемиските или хидрометалургиските методи како што е постапката на цедење, и.т.н.)

### **Толкување на термините кои што се употребуваат во овој Додаток:**

**“производство во рудниците”** - во случај да се однесува на металите: количество на метали кои што се наоѓаат во концентратот добиен по производствениот процес, како и во сите други случаи, освен ако како надополнување на изразот нема наведено некое друго значење на овој термин, како што е: масата на концентратот по процесот на обработка на рудата;

**“TMF - Tailing Management Facility** (Постројка за ракување/ управување со отстатоците)” - може да биде систем на бара/брана, систем на затрупување со јаловина, купиште од остатоци или пак некој друг начин за управување со остатоците.

### **Олово**

Оловото се појавува во форма на сулфиди или пак може да се најде во форма на комплексни руди сврзано со цинкот и во мали количини со среброт и бакарот. Со текот на годините се воведени големи измени во шемата на употреба на оловната руда.

Обично, концентрат од олово може да се постигне со помош на селективна флотација. Металите можат повторно да се добијат од концентратот со помош на екстрахирање на оловото од неговата руда.

## Цинк

Сфалеритот (цинк-железен сулфид, ZnS) претставува еден од основните рудни минерали во светот. Цинкот обично се добива од рудниот концентрат со помош на мокрење и електронско привлекување.

### X.1.1 Клучни еколошки прашања

Соодветното дефинирање на карактеристиките на материјалите всушност претставува основа за успешно добивање на остатоците, и управување со отпадниот камен. Управувањето со остатоците и отпадниот камен претставува еден дел од целокупната операција во рударството, која што истотака природно ја вклучува самата операција на екстракција и фазата на обработка на рудата. Не само што овие преостанати делови на операцијата имаат влијание врз процедурата на управување со остатоците и отпадниот камен, во реалност методите кои што се применуваат во рударството и обработката на рудата всушност го детерминираат управувањето, а не обратно.

Местата каде што се спроведува управувањето со остатоците и отпадниот камен се трансформираат така да поминуваат низ повеќе фази, од фазата на дизајнирање на самото место до фазата која што предвидува последователна грижа за местото по спроведениот процес. Кај овие постројки од есенцијално значење е менаџмент процедурата, и ова значење може да се толкува на тој начин кој што има најголема смисла за сите фази на тој циклус.

Друго значајно прашање кое што треба да се разгледа е адаптацијата на циклусот во однос на промените во реалноста. Примерот опишан овде е всушност пример кој опишува 10 години стар операционен циклус каде сулфурната содржина на отпадниот камен кој излегува од рудникот може да се покачи до тоа ниво така да би предизвикала **киселинско кайење (дренажа) од камениите остатоци**. За да се избегне ситуација каде што ваквата дренажа би претставувала проблем кога би се јавила континуирано во подолг временски период, при функционирањето на циклусот треба да се води грижа така што ќе се овозможи мешање на отпадниот камен со преостанатиот отпаден камен кој што содржи пуфер - минерали или преку одделно најадекватно испуштање на материјалите каде што има потенцијал за појава на киселинска дренажа. Во дадениот пример, како најсоодветно може да се наведе дека е изложување на било какви наоди кои што се добиваат за време на функционирањето на процесот, за да може да се помине многу понатаму во наредната фаза по циклусот и да се дејствува соодветно за да се достигнат најдобрите целокупни и долготрајни еколошки и економски придобивки.

Во рударската индустрија се постигнала поголема совесност во последните неколку години. Иако историските операции кои што имаат големо влијание врз животната средина не можат да се сметаат како претставници на

преовладувачкиот начин на модерно управување со отпадниот камен и остатоците. Се постигнал значаен напредок во рамките на легислативата, која ги одобрува барањата и контролата. Во реалноста, целокупниот циклус на функционирање на рудникот континуирано треба да се земе во предвид така што затварањето на рудникот се планира и при тоа се обезбедуваат средства на еколошки прифатлив начин, дури и пред рудникот да се отвори за работа.

### **X 1.2 Местоположба**

Рударството претставува уникатен сектор кој примарно геолошки ја детерминира локацијата на рудникот. Оваа определба претставува главна разлика во споредба со другите индустриски гранки. Локацијата на самиот екстракционен процес е преддетерминирана на начинот кој што е погоре опишан. Обработката на минералите се зема блиску до самото место каде што се наоѓа рудникот, а ваквата местоположба се должи на нискиот степен на присутна руда, и резултира во заклучок кој вели дека вредноста на рудата не може да ги покрие транспортните трошоци. Погоре споменатите факти во сите случаи не е вистинити односно не важат за сите случаи на преработка на рудата, а треба да се напомене и дека во некои случаи рудата се преработува многу илјадници километри надвор од рудникот. Како например, процесот на обработка на бокситот во алуминиум има потреба од големо количество на енергија и трошоците на транспорт на рудата кои што можат да се покријат со пониски енергетски трошоци за нивно оботување кои што можат се извршат на повеќе различни локации (во повеќето случаи, иако некои руди пред нивното рафинирање можат сеуште да се извадат од самото место).

При процесот на управување на остатоците и отпадниот камен, степените на слобода во врска со самата локација, генерално повторно се зголемуваат, но при процесот на обработка на рудата во главно се препорачува дека треба да се ограничат или да се редуцираат транспортните трошоци. Кај повеќето случаи остатоците се пумпаат или се транспортираат многу километри до соодветното место за одложување.

Во оние случаи каде што се селектираат остатоците и/или се менаџира со локацијата каде што се наоѓа отпадниот камен, треба да се земат многу други фактори, како што се:

- се дава предност на оној начин каде што се употребуваат постоечките географски формации (како например, јамите кои што веќе постојат на таа локација)
- треба да се почитуваат хидрогеолошките карактеристики на обиколната средина (подземната и површинската вода)
- адаптацијата на постројката кон околната средина (како например, контрола на прашината, бучавата и миризбата во случај каде што има константна популација)
- метрологија (например, податоци за распределбата на врнежите)

- геотехничка и геолошка позадина (например, основните услови, податоци за постоење на било каков сеизмичен ризик)
- природната средина и културите кои што растат во оваа средина
- односот помеѓу производствените постројки за остатоци и работните обврски кои што се одвиваат под земја
- топографија на долготрајната конструкција
- приближно дефинирање на растојанието од површинските води
- приближно дефинирање на трошоците (солена вода)
- тековното искористување на земјиштето
- локалните заедници
- биолошката разновидност

Отпадните испусти во подземните води може да се каже дека често се вршат заради оние остатоци кои што се карактеризираат со потенцијал за киселинска дренажа, така што тука се инволвираат различни групи на прашања како што е безбедното снабдување на процесот со површинска вода, природниот или формируваниот базен, употребата на областа по процесот на одложување на остатоците, и.т.н.

Приближното дефинирање на растојанието од површинската вода често претставува комплексно прашање. Од една страна, ако се бара испустот до површинската вода тогаш попогодно е да во близина постои течение на река. Од друга страна, потребно е да се процени оној случај каде што површинската вода ќе биде идеален транспортен медиум за остатоците при случајното испуштање на отпадниот материјал.

Генерално, треба да се избалансира одлуката со која приближно се дефинира растојанието измеѓу локацијата каде што се менаџираат остатоците или отпадниот камен и местото каде што се врши обработка на рудата, заради економските причини и останатите фактори како што се оние кои што се наведени погоре. Во реалноста, често пати изборот на локација резултира во избор помеѓу неколку различни потенцијални локации. Самата одлука се прави при времетраењето на процесот на ископување на рудата, често како компромис помеѓу раководителот, потписниците на дозволата и јавните интереси.

### **X 1.3 Процес на одредување на карактеристиките на материјалот вклучувајќи ја и претпоставката за долготрајното однесување на процесот**

Единствениот начин за да се детерминира долготрајното однесување на остатоците и отпадниот камен е тие соодветно да се окарактеризираат. Ваквото окарактеризирање на процесот може да звучи тривијално, но треба да се нагласи дека на овој факт во минатото не се обрнувало никаво внимание. Најчесто фокусот се ставал на оној концентрат кој што може да се продаде, и оној концентрат кој што може да генерира приход а да не генерира

поголемо количество на остаток. Во секој случај, раководителот не го заборава негативниот економски ефект кој што може да се појави при несоодветното управување на остатоците и отпадниот камен.

Од еколошка гледна точка, главната разлика која се прави помеѓу рудата од суровинскиот материјал добиен при ископувањето, и истиот тип на руда повеќе или помалку близок до посакуваниот тип на руда, кој се наоѓа во остатоците и во отпадниот камен, претставува самото својство манифестирано како зголемена способност за влегување во физички, хемиски и биолошки процеси кои што влијаат врз рудата. Тоа значи дека преку соодветното третирање на рудата (најчесто нејзино редуцирање до најмали делови) составните делови кои што се наоѓаат во остатоците и отпадниот камен се прават подостапни за обработка.

Сулфидната руда, во своето природно наоѓалиште (т.е. под земјата, како и нивното наоѓање во сврзана форма во камената маса), не е изложена на таква средина која што го потпомага процесот на оксидација. Рудата во остатоците кои што се наоѓаат под земја, и кои што биле одложени во езеро формирано за таквата намена, се подостапни за влијанијата на водата и кислородот. Површинската област од наоѓалиштето која што се карактеризира со застапеност на сулфидните руди се зголемува по редослед на големина низ процедурата на редуцирање на големината на грутките.

Истотака може да се каже дека процесот на обработка на рудата може да изврши промена на хемиските карактеристики на обработената руда и да го зголеми количеството на остатоците.

Оние карактеристики на рудата кои што треба да се испитаат се следниве:

- хемискиот состав, се однесува на промената на хемискиот состав на рудата при процесот на нејзина обработка и процесот на миене на рудата
- однесувањето на рудата при процесот на капење
- физичката стабилност на рудата
- однесувањето на рудата која е подвргната под притисок
- нејзината ерозивна стабилност
- однесувањето на рудата при нејзиното таложење
- однесувањето на рудата која што се ископува од тврдиот слој на земјата (како например, тврдата кора на површината на матријалот од остатоците)

#### **X 1.4 Еколошки значајните параметри**

Значајните параметри во постројките каде што се врши управувањето со остатоците и отпадниот камен може да се поделат на две категории: (1) раководителска, и (2) случајна. И двете категории треба да се земат во обзир.

Во овој Додаток треба да се разгледаат типичните емисии во воздух, вода и почва, како и техниките кои што треба да извршат редукција на овие емисии. Во секој случај, двете многу битни еколошки прашања кои што треба да се разјаснат се:

- генерирање напојава на киселинска дренажа од карпите
- појава на случајни изблици или колабирања на системот

## **X 1.5 Типични емисии и управување со водата и реагенсот**

- **Емисиите во воздух** можат да бидат во форма на прашина, миризба и бучава. Двете крајни емисии имаат помало значење во ние случаи каде при процесите не се јавува потреба од транспорт на рудата со помош на камиони и во случај да во близина на овој процес е лоцирано живеалиште. Прашината се состои од материјали како што е кварцот или пак било која друга компонента која се наоѓа во рудата и камењата, вклучувајќи ги овде и металите.
- **Емисиите во вода** во себе вклучуваат реагенси за обработување на рудата, како што се:
  - цијанидот
  - ксантати
  - киселини или бази кои што резултираат од ниска или висока pH вредност
  - цврстите или растворени метали или метало-фелезните компоненти (пример: железо, цинк, алуминиум)
  - растворените соли, например:  $\text{NaCl}$ ,  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ , и.т.н.
  - радиоактивност (во јаглените остатоци/ куповите на отпаден камен)
  - хлориди (рудници за јаглен)
  - суспендирани цврсти честичи
- **Емисиите во почва** може да се појават како последица од исталожената прашина или процесот на сепарација на течностите од остатоците и/или отпадниот камен во постројките за управување на остатоци и/или отпаден камен. Честа причина за загадувањето на почвата претставува процесот на градење, како и процесот на отстранување на материјалот од привремените купови за складирање. Оваа констатација важи и за оние случаи каде што се одвиваат градежни работи во индустриска област, железнички клупи, купишта од остатоци, и.т.н., при тоа користејќи материјал од отпадниот камен, како например материјалите кај кои што се јавува киселинска дренажа.

- **Целокупно управување со водата и реагенсите, како што се:**
  - Конзумирање и третирање и/или рециклирање на
    - реагенси (како например: флотационите реагенси, цијанидот, флокулантите) и
    - водата
 претходат на испустите во постројките за обработка на остатоците или површинската вода
  - Управување со водените талози и површинската вода (например: нивно колектирање во ровови/канали).

Треба да се претпостави дека емисиите во почва претставуваат прашање кое е многу специфично и дека постојат многу малку погрешни емисиони сценарија кои што се моментално достапни за да се окарактеризираат овие емисии.

## **X 1.6 Еколошкото влијание на емисиите**

Испустите и емисиите на прашина од постројките каде што се ракува со отпадниот камен и остатоците, кои пак се контролирани или неконтролирани, можат да бидат токсични до различен степен во однос на лугето, животните и растенијата. Испустите можат да бидат киселински или алкални, можат да содржат растворени метали и/или растворливи и влезни нерастворливи комплексни органски конституенти од обработката на рудата, како и можноста за природно постоечките органски супстанции како што се влажните и долго-верижните (високомолекуларни) карбоксилни киселини кои што се добиваат од операциите во рударството. Емитираните супстанции, заедно со нивната рН средина, растворениот кислород, температурата и цврстината претставуваат значајни аспекти при дефинирањето на токсичноста до прифаќањето на животната средина.

Одредени реагенси, како што се цијанидите, пената и ксантатите имаат потреба од долготрајно време на задржување, оксидација (воздух, бактерии, сончева светлина) и, за ксантатите, температурата над 30<sup>0</sup>С до нивно разложување. Поради тоа при процесот на планирање на овој циклус на обработка на рудата треба да се има во предвид еколошкото влијание на овие супстанции, и потенцијалната потреба за дополнително лабораториско испитување или третирање за да се обезбеди одредено реагентско разложување.

[21, Ritcey, 1989]

Вистинското еколошко влијание на емисиите до водените теченија секогаш зависи од многу фактори како што е концентрацијата, рН средината, температурата, тврдоста на водата и.т.н. Во секој случај, во литература како



што е [21,Ritcey, 1989], како и во друга литература, се дава табеларна листа на параметрите, како например:

- максимумални и минимални рН нивоа за разновидниот воден жив свет
- податоци во врска со акутната токсичност на различните флотациони агенси
- токсичноста на специфичните хемикалии
- податоци за токсичноста на флокулантите и коагулантите

Овие табели можат да дадат соодветна слика за овие параметри кои имаат потенцијално влијание врз одредени реагенси, но како што е погоре напоменато, треба да се земе во предвид целата слика на еколошко влијание.

Ефектот кој што го имаат некои метали врз луѓето, животните и растенијата е прикажан во следната табела.

**Табела 1: Ефекти кои што ги имаат овие метали врз некои луѓе, животни и растенија**

Метали	Ефекти
Олово (Pb)	Се акумулира како отров во телото на луѓето и говедата, живината. Луѓето може да патат од акутна или хронична затруеност. Младите деца се посебно подложни на ваквата опасност.
Цинк (Zn)	Во големи концентрации може да изврши влијание врз вкусот на водата. Токсичен за некои растенија и риби.

#### **X.1.7 Киселинско капење (дренажа) од камените остатоци**

Стандардите во последните две декади во големи размери имаат придонесено за поткревање на свесноста во врска со еколошките проблеми кои природно се јавуваат како последица од загадувањето од страна на рудниците, и кои проблеми се познати под името киселинско капење од камените остатоци. Иако се тешки за да може да се предвидат и да се квантифицираат, киселинското капење од камените остатоци се асоцира за сулфидното тело на рудата за олово, цинк, бакар, сребро, и другите минерали, каде што може да се вклучи и јагленот. Заради тоа што може да се генерира киселинска дренажа од сидовите на јамата за чување на сулфидната руда, како и од подземните ископувања [13, Vick, ], во овој Додаток се разгледуваат само рудните остатоци и отпадниот камен.

Клучните прашања кои што претставуваат корен на овие еколошки проблеми претставуваат:

- остатоците и/или отпадниот камен често содржат метални сулфиди
- сулфидите се оксидираат во оние случаи кога тие се изложуваат на кислород и вода
- сулфидната оксидација ја креира киселинската руда која содржи метали и кај која што се јавува киселинска дренажа
- киселинска дренажа се генерира преку подолг временски период [20, Eriksson, 2002].

### **Основа за појавување на киселинско капење (дренажа)**

Ако сулфидните руди дојдат во контакт со водата и кислородот, тие почнуваат да се оксидираат. За овој процес може да се каже дека е процес кој што бавно генерира топлина (кинетички контролиран егзотермален процес) кој може да се презентира преку:

- висока кислородна концентрација
- висока температура
- висока вредност на рН - средината
- бактериолошка активност

Целокупниот реакционен опсег кој се однесува на точно одредениот квантитет на сулфидите всушност воедно зависи и од другите параметри како например, типот на сулфиди и типот на честички, кои истотака ја уредуваат, површинската област која што е изложена на атмосферски влијанија. Во случај да од сулфидните оксиди се добиваат сулфати, водородни јони и растворените метали.

Остатоците и отпадните камења се состојат од различни природни минерали кои што се наоѓаат во рудата од ископувањето. Реактивните минералите кои што се наоѓаат во неископаните камења длабоко под земјата се заштитени од процесот на оксидација. Сулфидните минерали ако се најдат во средина без кислород како например минералите во подземната вода, се наоѓаат во термодинамички стабилна состојба и состојба која предвидува нивна ниска хемиска растворливост. Заради тоа, подземната вода која длабоко понира и поминува низ области кои содржат големо количество на минерали, често се карактеризира со ниска содржина на метали. При ископувањето и површинско вадење на оваа руда, нејзиното изложување на атмосферски кислород започнува серија на био-геолошко-хемиски реакции кои што го предизвикуваат процесот на киселинско капење (дренажа) од рудните карпи. Според тоа може да се заклучи дека главата причина за јавување на киселинското капење од рудните карпи не претставува самото количество на метални сулфиди кои што се содржат во рудата, односно може да се заклучи дека причина за ваквата појава на киселинска дренажа е комбинираниот ефект кој што потекнува од содржината на метали во рудата и нејзиното

изложување на атмосферскиот кислород. Ефектот кој што произлегува од изложувањето на рудата на атмосферски кислород ја зголемува или ја намалува големината на зрната и заради тоа, ја зголемува реакционата површина. Заради оваа причина сулфидите во фините остатоци кои што се добиваат ископување се поподложни на оксидација [14, Höglund, 2001].

Остатоците и отпадните камења обично се состојат од различни минерални соединенија, од кои еден дел претставуваат сулфидните соединенија, во случај да е наведен нивниот состав. Како констатација може да се наведе следната ситуација: во случај да се појави сулфидна оксидација во рудниот отпад, киселината добиена при оваа реакција може да биде употребена од страна на киселинско конзумирачките реакции во различни степени, а тоа зависи од достапните минерали кои стапуваат во овие реакции. Ако во рудниот отпад се присутни карбонатите соединенија, и рН средината обично се поставува како неутрална, се врши исталожување на растворените метали така што тие не се одложуваат до околната средина во големи количества.

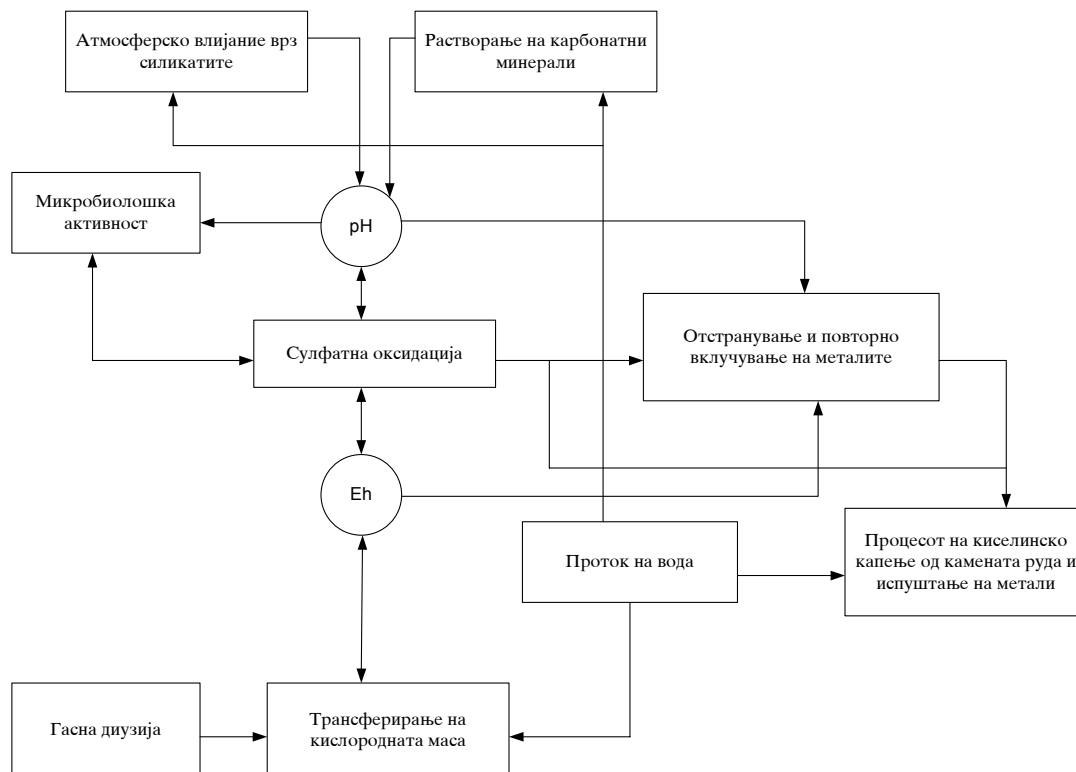
Внатрешната корелација помеѓу реакцијата на сулфидна оксидација која дава киселина како продукт од процесот, и киселинско конзумирачката реакција на растворање на пуферните минерали ја одредува рН средината на водата што се собира во дупките на рудните карпи, и рН средината на водата која капе при киселинската дренажа од рудните камења. Оваа рН средина влијае врз мобилноста на металите. Ако влегуваат во реакција достапните пуфер минерали, во тој случај рН средината може да се намали така што како резултат се јавува киселинска дренажа од рудните карпи. Испустот на водата од процесот на киселинска дренажа на рудните карпи, како и подземната вода може да го расипе квалитетот на водата и може да предизвика различни ефекти, како например намалување на алкалноста, намалување на градацијата на киселоста на средината, биоакумулирањето на металите, акумулирањето на металите во талозите, ефектите врз вообичаено присутните супстанции, елиминирањето на сензитивните зачини и нестабилните екосистеми.

### **Атмосферското влијание**

Процесот на киселинско капење од камените карпи може да биде предизвикан во случај каде што минералните сулфиди се изложени на атмосферски влијанија (кислород и вода) и каде што во рудните карпи, нема во доволни количества, присуство на спремни за реакција пуферни минерали. Ваквите случаи во рударството можат да бидат, например, остатоците од отпадните камења, маргиналните рудни остатоци, привремените купишта за складирање на руда, рудни остатоци, сидовите од јамите, подземните рударски окна, или пак куповите од рудни камења каде што е присутен процесот на дренажа. Од историска гледна точка, материјалите кои што содржат сулфидни соединенија истотака може да се користат за градежни работи на локациите каде што се наоѓаат рудниците, како например при

градењето на патишта, брани и индустриски депоа. Фундаменталните процеси кои што стојат зад процесот на киселинско капење од камената руда, се секогаш секогаш исти независно од местото од каде што потекнува ваквиот процес.

На сликата 1. на шематски начин се прикажани некои од најзначајните гео-хемиски и физички процеси, како и нивната внатершна корелација и нивниот придонес при иницирањето на процесот за киселинска дренажа на камената руда и можните испусти на тешките метали кои што примарно зависат од нивото на сулфидна оксидација, потенцијалните реакции на отстранување/повторно вклучување кои се одвиваат по текот на циклусот и по течението на водата. Нивото на сулфидна оксидација зависи од редукционите услови (Eh), pH средината, и микробиолошката активност. pH средината е одредена преку нивото на сулфидна оксидација и пуферските реакции (карбонатната растворливост и атмосферските влијанија врз силикатите). Понатаму, потенцијалните реакции за отстранување на задржаните метали може да се појават по течението на процесот така што тие зависат од pH- средината, редукционите услови и нивото на сулфидна оксидација.



Слика 1.: Шематска илустрација на еден од најзначајните геохемиски и физички процеси, нивната меѓусебна интеракција и нивниот придонес при можно отстранување на тешките метали од рудниот отпад [20, Eriksson, 2002].



## **X.2 ТЕХНИКИ ЗА ОБРАБОТУВАЊЕ НА РУДА**

Целта на овие техники е да се трансформира суровата руда од рудникот во производ кој е соодветен за пласирање на пазарот.

### **X.2.1 Дробење на рудата**

Оваа постапка на дробење на рудата до соодветна гранулација претставува основен елемент на процесот за обработка на рудата. Тој се карактеризира со голема потрошувачка на енергија и има потреба од добро одржување на опремата. Оваа постапка на дробење на рудата до соодветна гранулација се употребува заради повеќе причини, како например:

- за ослободување на еден или повеќе вредни минерали од рудниот матрикс на суровата руда
- да се постигне саканата големина за подоцнежна обработка или ракување
- за да се добие поголема површинска област на единица маса од рудниот материјал, при што се користи одредена специфична хемиска реакција (како например, при наводенувањето на камената руда)
- за да се задоволат барањата на пазарот кои што се однесуваат на големината на честичите на рудниот материјал

По постапката на дробење, рудата често се трансформира во цементна каша така што ги “содржи” сега ослободените рудни честичи и материјалот од остаотците кој што може да се сепарира во подоцнежните чекори на процесот. Карактеристиките на рудниот материјал во комбинација со карактеристиките на опремата која што се користи при процесот на кршење и дробење, ги детерминира физичките својства на остатоците, како што е распределувањето на големината и формата на честичите.

### **X.2.2 Кршење**

Постапката на кршење претставува првата фаза од процесот на редуцирање на карпестниот руден материјал до мали делчиња. Ова обично претставува сува операција која што вклучува кршење на рудата со нејзино компресирање така што таа се бутка кон цврста површина во континуирана контролирана брзина.

Овој чекор на процесот ја подготвува рудата за да може понатаму да се врши смалување на големината на честичите (дробење) или за да може тие директно да се внесат во фазата за класифицирање и/или концентрационо сепарирање. Во овој чекор од процесот на обработка, обично не се добиваат рудните остатоци.

Типични типови на кршачи кои претставуваат соодветна опрема за спроведување на овој чекор во процесот на обработка на рудата, се:

- клештести кршачи
- спирални сврдел кршачи
- конусни кршачи
- кршачи со валци
- кршачи кои користат ударна сила

### **X.2.3 Дробење**

Дробењето претставува крајна фаза во процесот на редуцирање на рудниот камен до ситни делови, при што таа се карактеризира со најголема потрошувачка на енергија споредена со другите фази од овој процес. Заради тоа, кај оваа фаза од процесот постои првична тенденција за користење на експлозив за разнесување на камениот материјал во рудниците до што е можно помала големина на камените делови за да рудниот материјал не се доставува во форма која има големи рудни карпести делови за обработка во процесот на дробење, така што се врши намалување на целокупната енергетска потрошувачка при процесот на дробење а со тоа и да се поддржува редуцирањето на големината на честиците. Дробењето се одвива така што рудата се влажни, а процесот има потреба од мало количество на енергија, така што ваквата карактеристика на овој процес резултира со 30% заштеда на енергија во споредба со процесот на суво дробење на рудата. Обично при дробењето, честиците се редуцираат користејќи комбинирано влијание на постапката за дробење каде се користи ударна сила и механичко влијание манифестирано преку слободното движење и триење на рудните делови во дробилката која функционира како мелница.

#### **Мелници со влезно ступолување на рудниот материјал**

Овие мелници се дизајнирани така што се состојат од челичен ротирачки цилиндричен контејнер кој е поставен хоризонтално и има отвори од обете страни за влез на суровинскиот материјал и излез на издробената руда. Внатре во контејнерот се внесуваат рудните карпи кои што слободно се движат за време на неговото ротирање околу хоризонталната оска (контејнерот ротира со помош на шупливите цилиндри кои што се прицврстени на крајните сидови). Во контејнерот има делчињата кои што се превртуваат при мелењето и имаат различна форма: топчеста, стапчеста или друг облик и форма, и се направени од челик, железо, цврст камен, керамички материјал или пак може да се состојат од материјал кој што сам од себе се редуцира (шљунак).

Најчесто употребуваните мелници од овој тип се:

- стапчестите мелници, за да се добие големината на зрната на рудниот производ која што ќе биде  $< 1 \text{ mm}$

- топчестите мелници, , за да се добие големината на зрната на рудниот производ која што ќе биде  $< 100 \mu\text{m}$
- автогенски (AG) мелници, семи - автогенски (SAG) мелници; во комбинација со типичните мелници кои имаат челични топчиња, се користат за да се добие големина на зрната на рудниот производ  $< 1500 \mu\text{m}$ ; а во случај да се користат само автогенски (AG) мелници или пак само семи - автогенски (SAG) мелници големината на зрната може да достигне вредност  $< 100 \mu\text{m}$ .

Во мелниците кои што користат шипки или топчиња, медиумот кој што се користи за дробење е составен од челик. Понекогаш, во мелниците каде што се користат топчиња за дробење на материјалот се користат и конусовидните челични делчиња како медиум за дробење. Како што е наведено и преку самото име на овој тип на мелници, во автогенските (AG) мелници рудата се дроби сама од себе. Заради оваа причина, потребно е да се добие покрупен “шљунак”, т.е. парчиња на рудата кои што имаат големина на тупаница чија големина и форма се бараат во оваа фаза од процесот. Во семи - автогенските (SAG) мелници, процесот на дробење е подпомогнат покрај додавањето на овој шљунак и со додавање на мала количина на челични топчиња, која што количина е мала во споредба со онаа количина која се додава во мелниците каде што користат стапчиња и топчиња за дробење.

Мелниците со влезно струполување на рудниот материјал претставуваат непоходни мелници за fino дробење на големи количини на руден камен (како на пример, за влезна суровина во процесот на пенеста флотација или пак при дробењето на камењата каде е присутна појавата на киселинска дренажа).

Степенот на дробење може да се контролира преку разбирањето на карактеристиките/својствата на рудата и избраните методи за екстракција на вредните минерали, како на пример, процесот на флотација има потреба од влез на fino издробена суровина. Во секој случај, ако рудните камења премногу се иситнат, тогаш може да дојде до генерирање на “каллива смеса” која што ќе ја редуцира ефикасноста на флотациониот процес, а како секундарен ефект би се предизвикало генерирање на остатоци за кои пак ќе има потреба од подолго време за нивно обезводнување така што тие би се стабилизирале во езеро наменето за нивно одложување.

Покрај мелниците со влезно струполување на рудниот материјал, меѓу другите значајни типови на опрема за дробење може да се наведат оние **мелници каде дробењето на суровинскиот материјал се врши преку негово тресење или мелниците со вибрирање.**



### **Мелници кои дробењето го вршат преку тресење на суровинскиот материјал**

Мелниците кои дробењето го вршат преку тресење на суровинскиот материјал, се користат во процесите каде што е потребно многу фино дробење на рудните камења при што се употребува и влажнење на рудата. Овие мелници (или пак мелници во форма на вертикални кули) кои што претставуваат вертикални челични цилиндри исполнети со 80 - 90% на издробен медиум врз кој делува сила на тресење која се креира преку внатрешна лебдечка оска. Ако во оваа мелница протокот на материјал има максимална вредност од 100 t/h, а влезниот материјал има честици со големина  $< 1\text{mm}$ , тогаш големина на честичите на производот ќе биде 1 - 100  $\mu\text{m}$ .

### **Вибрирачките мелници**

Вибрирачките мелници се користат во процесите каде што е потребно многу фино дробење на рудните камења (суво или влажно дробење). Мелниците кои користат континуирано вибрирање претставуваат хоризонтални челични цилиндри чиј волумен е наполнет 60 - 70 % со дробениот медиум кој е добиен преку процесот на тресење од страна на ексцентричниот погон. Протокот на суровинскиот материјал низ овој тип на мелници има вредност од 15 t/h и дава продукти со честици чија што големина  $< 10\ \mu\text{m}$ .

### **Х.2.4 Сеење**

Постапката на сеење на рудата може да се дефинира како механичка операција која што врши сепарација на честичките според нивната големина и изглед преку нивно отстранување низ отворите на ситото. При оваа постапка честичите кои што се поголеми од отворите на ситото се задржуваат, и ја формираат едната фракција која се карактеризира со поголем дијаметар на честици. Другите честици кои што поминуваат низ отворите на ситото имаат помала големина и тие ја формираат другата фракција која што се карактеризира со помал дијаметар на честичите. Постојат повеќе типови на индустриско сеење на суровинскиот материјал, кои што може да се поделат на постапки кои што користат стационарни или пак користат подвижни сита. Најзначајните причини за употреба на оваа фаза (сеење на суровината) во процесот на обработка на рудата се следниве:

- да се избегне навлегување во дробилките на суровински материјал составен од честици со мал дијаметар
- да се избегне минување на честичите кои што имаат преголем дијаметар во подоцнежните фази на процесот на дробење на рудата или пак во затворените процеси на фино дробење
- за да се произведе материјал со контролирана големина на честици, например по процесот на вадење на рудата

## **X.2.5 Класификација**

Класификацијата може да се опише како процес на сепарација на цврстите честици при што се добиваат два или повеќе производи, а сепарацијата се врши според брзината на таложење на честичите низ медиумот. Брзината на таложење на честичите низ медиумот зависи од нивната големина, густина и форма. Во процесот на преработка на рудата, фазата на класификација најчесто се одвива како влажен процес, во кој што водата се користи како течен медиум. Сувата класификација, која што го користи воздухот како медиум, се користи за сепарирање на различни материјали (цемент, варовник, јаглен). Класификацијата обично се врши кај оние минерали кои што се сметаат за премногу иситнети за да можат ефективно да се сепарираат преку постапката на сеење.

## **X.2.6 Флотација**

**Употреба:** Ова е најзначајна сепарациона техника која што се користи во обработката на минералите кај најосновните типови на метална руда. Таа најчесто се користи за концентрирање на сулфидите, бакарната руда,цинковата и оловната руда. Оваа постапка се користи за третирање на неметалните руди како што е финиот јаглен, флуоритот и фосфатот, карбонатите, оксидите и касеритот и хематитот; како и оксидираните минерали, како што се церусит и малахит.

**Принципи и дизајн на флотацијата:** Во процесот на флотација, сепарирањето на минералите се постигнува така што се искористуваат нивните различни површински физичко - хемиски својства. На пример, откако ше заврши процесот на третирање на рудата со реагенси, некои минерални честици од рудата попримаат хидрофобни својства, односно не реагираат со водата (или пак попримаат аерофилни својства), а останатите честици си ги задржуваат своите хидрофилни својства. Во процесот на селективна сепарација, воздушните меури се слепуваат за хидрофобните (или аерофилните) честици на рудата така што ги носат нагоре кон водената површина каде што формираат стабилна пена, која што потоа се отстранува. Хидрофилните честици остануваат во пулпата и потоа се испуштаат. Флотациониот процес во главно се состои од повеќе фази кои што служат за повторно чистење на концентратите и чистење на преостанатите вредни минерали од остатоците.

### **Флотациони комори**

Постојат два основни типа на флотациони комори: пневматски и механички.

- механичките комори претставуваат традиционални и најчесто употребувани механизми во флотационите фабрики. Тие се направени од челични контејнери кои функционираат на механички погон кој предизвикува дисперзија на воздухот на мали меури со што врши размрдување на талогот. На насипот се надоградуваат неколку

поединечни комори. Тука се користат ножести широки лопатки кои механички се придвижуваат, и вршат отстранување на онаа пена која се излива надвор од коморите.

- постојат повеќе од два главни типа на пневматски флотациони комори: флотациони колони и кратки пневматски флотациони комори. Флотационата комора е направена од висок вертикален челичен цилиндар (со височина до 15m) со дијаметар до 3m. Пулпата навлегува во цилиндерот до три четвртини од неговата висина. Воздухот навлегува во контејнерот на долниот крај од цилиндерот. Испуштената пена се измива преку распрскување на водата по порции. Ова измивање се врши пред пената да се испушти надвор од цилиндарот преку испусната славина. Кратките пневматски флотациони машини функционираат на тој начин така што вршат соединување на честичките од рудата со меурите надвор од сепарационата комора. Ова соединување се врши во цевката преку која влегува пулпата, така што овде се употребуваат различни механизми на мешање или пак се употребуваат “реактори”, каде што меурите кои што се испуштаат се поткреваат нагоре до горниот раб, и ја напуштаат комората, додека остатоците се испуштаат од конусното дно.

### **Филтрација**

**Употреба:** Обезводнување на флотациониот концентрат, магнетските рудни концентрати и неколку не-метални минерали; отстранување на богатиот раствор од камената руда, каде што има појава на киселинска дренажа, во цијанидниот раствор; измивање на обезводнетата филтер погача; прочисување на декантираниот богат раствор и прочистување на собираниот филтрат.

**Принципи и дизајн на филтрацијата:** Филтрацијата може да се дефинира како процес на сепарација на цврстите честици од течноста преку пропустлива преграда која што гизадржува цврстите честици а ја пропушта течноста. Филтрацијата често следи по процесот на вцврснување, при што згуснатата пулпа се внесува во оние складишта каде што се врши растресување на талогот, и каде што понекогаш се додаваат некои флокуланти, а од таму тие константно се извлекуваат до процесот на филтрација. Најчестите типови на филтри кои што се вклучени во процесот на обработка на минералите се т.н. “погачести филтри” кај кои основните барања се однесуваат на повторното искористување на голема количина од цврстите честици на најконцентрираните талози. Погачестите филтри се класифицираат примарно како “вакум филтри” и “филтри под притисок”, зависно од употребените сретства кои што се влијаат за да се добие бараната разлика во притисокот на двете страни од порозниот медиум. Овие филтри истотака како типови на филтри може да се дефинираат како “согорувачки” или “континуирани” типови.

Најчесто искористените типови на филтри кои што работат под притисок се “филтер пресите”, кои што се дизајнирани преку две главни форми: “плочести - и - рамковидни филтер преси” и “коморни преси”. Притисокот при функционирањето на плочестите и рамковидните преси можат да достигнат притисок од 25 bar.

Од друга страна, постојат различни типови на вакум филтри, како што се “континуираните бубањ филтри” (постојат различни типови на дизајни), “континуирани диск - филтри” и “хоризонтални каиш филтри”.

#### **Генерални технички податоци:**

- плочести - и - рамковидни филтер преси:
  - големина на плочата: достигнува до  $2 \times 2 \text{ m}$
  - површина на филтрите: максимална површина од  $1500 \text{ m}^2$  на машина
- континуирани бубањ филтри:
  - филтер површина: приближно до  $12 \text{ m}^2$
- континуирани диск филтри:
  - поголема филтер површина на единица волумен: приближно до  $200 \text{ m}^2$

#### **Центрифугирање**

Како алтернатива на плочестите - и - рамковидните филтер преси, може да се користат и центрифуги во форма на длабока чинија за сепарација на цврстите честици од водата- обезводнување.

Генералните технички податоци за овие центрифуги во себе ги вклучуваат следниве податоци:

- дијаметар на бубањ: до 1100 mm
- должина на бубањ: до 3300 mm
- проток: максимално 15 тони (сува основа)/час

Обезводнувањето може да се види преку центрифугалните резултати кои што добиени од оние материјали со ниска содржина на цврсти честици во спорба со онаа содржината на цврстите честици во материјалите кои што се користат кај плочестите и рамковидните филтер преси. Заради оваа причина обезводнетите материјали се однесуваат повеќе како желе материјали отколку како цврсти погачи. За да се оптимизираат резултатите во самиот процес треба да се додадат флокуланти.

#### **X.2.7 Реагенси**

##### Флотациони реагенси

Флотационите реагенси имаат различни хемиски компоненти и се користат во флотациониот процес, така што ги обезбедуваат соодветните услови за функционирање на процесот на флотација. Тие селективно се вклучуваат во

процесот, така што нивното вклучување во процесот се одредува според типот на рудата. Тие се составени од “колектори”, “пенливци” и “регулатори”.

- **Колекторите:** тие се “површински активни супстанции”, т.е. органски компоненти кои се адсорбираат на минералната површина, така да ја трансформираат минералната површина во хидрофобна површина, и го овозможуваат процесот на спојување на рудните честички со флотационите меури. Тие се поделени на јонизирани и не-јонизирани компоненти. Не-јонизирачките колектори се практично нерастворливи и ја покриваат површината на минералите што се карактеризираат со природно висока хидрофобна способност (во главно кај јагленот), со цел да ги зацврснат нивните хидрофобни својства. Јонизирачките колектори се раствараат во вода и имаат хетерополярна структура, тоа значи дека тие во својот состав содржат не-поларна група (јаглероводородна група) која што ги дава хидрофобните својства, и поларна група која што се сврзува за површината на минералите. Минералите се калсифицираат според типот на поларната група во колекторот: анјонски колектори (карбоксилните, сулфонатните, ксантатните и ди-тио-фосфатните соединенија), катјонски колектори (амините) или амфотерните колектори.
- **Реагенси кои формираат пена (пенливци):** се реагенси кои ја потпомагаат стабилноста на пената, како например, киселините, амините и алкохолите
- **Регулатори или модификатори:** претставуваат реагенси кои што ја регулираат флотацијата. Тие се калсифицирани како активатори, инхибитори или рН - модификатори. Активаторите го овозможуваат процесот на адсорпција на колекторите врз минералната површина при што вршат менување на нејзиниот хемиски состав. Овие супстанции во главно претставуваат растворливи соли. Инхибиторите (водено стакло?, штирак, и.т.н.) ја насочуваат реакцијата за формирање на хидрофилни минерали, со што ја спречуваат реакцијата на флотација. рН-модификаторите (како што се: варовникот, содата и каустичната сода кои ја даваат алкалната средина, и јаката/ концентрирана сулфурна киселина за кисела средина) ја контролираат рН- средината на пулпата, и имаат значајно влијание во повеќето чекори на процесот (чекорите каде се употребуваат колекторите, како и чекорот на инхибиторна адсорпција, и.т.н.).
- **Флокуланти:** во Германските фабрики за обработка на тешкиот јаглен се употребуваат флокуланти кои што се базираат или на полиакрилати или полиакрил амиди.

## Х.2.8 Ефекти врз карактеристиките на рудните остатоци

Процесни чекори	Карактеристики на рудните остатоци								
	Распределба на големината на зрната	Генерирање на ситни остатоци (ситнеж)	Специфична површина	% цврсти честици	Реагенси	pH	Влијание на ARD (киселинска карпеста дренажа)	Својства на површината	Големина на честици
Редуцирање на материјалот до мали делчиња	X	X <sup>1</sup>	X	X <sup>2</sup>	-	-	X	X	X
Сеење	X	X <sup>3</sup>	-	-	-	-	-	-	-
Класификација	X	X	-	X	-	-	X	-	-
Гравитац. концентрирање	-	-	-	X	-	-	X	-	-
Флотација	-	-	-	X <sup>4</sup>	X <sup>5</sup>	X <sup>6</sup>	X	X	-
Дренажа	-	-	-	X	X	X	-	X	-
Вцврснување на талогот	-	-	-	X <sup>8</sup>	X <sup>9</sup>	-	-	X	-
Филтрација	-	-	-	X	X	X <sup>10</sup>	-	X	-
1) пример, мелниците кои ја дробат рудата со тресење создаваат поголемо количество на ситнеж отколку мелниците кои што го вршат дробењето со помош на топчиња 2) суво дробење, мелници со влезно струполување на рудниот материјал и мелници кои што употребуваат влажни процеси на дробење на материјалот 3) прекумерното сеење може да доведе до формирање на ситнеж 4) флотацијата претставува влажен процес каде што цврстиот материјал присуствува со околу 30 - 40% во процесот за преработка на рудата и со 5-15% во процесот за преработка на јагленот, во повеќето случаи во овие процеси треба да се додаде вода 5) за подетални информации погледнете во 2.3.3 6) зголемени или намалени									

Постапките за сеење и класифицирање на рудниот материјал вршат индиректно влијание врз карактеристиката на рудниот материјал како што е распределувањето на големината на зрната. Тие исто така индиректно влијаат врз креирање на ситнежот во случај да овие постапки се користат во затворени преработувачки циклуси заедно со дробењето, како што е случајот кај затворените преработувачки циклуси кои користат мелници со топчиња за дробење на материјалот заедно со циклон. Кај овој пример испустот на рудниот материјал од мелниците, кои користат топчиња за дробење, се внесува потоа во циклонот. Материјалот кој што се излива од циклоните се состои од зрна чија што големина е таква да овозможува ослободување на саканиот минерал од последователни постапки на негова сепарација или пак негова концентрација. Течението кое се одвива под површината внатре во циклоните има потреба од понатамошно редуцирање на големината на зрната и се враќа назад во мелницата која користи топчиња. Кај овој пример, може да се наведе фактот дека со употреба на класификаторот може да се спречи прекумерното мелење на рудниот материјал во мелниците.

Треба да се наведе дека кај магнетската (ако таа е влажна сепарација) или кај гравитационата сепарација треба да се прилагоди процентот на цврсти

честици, и како резултат на тоа процесните чекори истотака се менуваат во однос на процентуалната застапеност на цврстите честици. Во секој случај, ако талогот од рудните остатоци помине низ процесот на вцврстување пред тој да биде испуштен во барата, овој факт не влијае врз процесот на управување со рудните остатоци.

Колоната која што се однесува на “ARD влијанието” ги разјаснува процесните чекори кои што или ја менуваат пристапноста на сулфидите (т.е. го менуваат процесот на редуција на рудниот материјал до ситни делчиња) или пак ја менуваат содржината на сулфиди во остатоците (на пример, со електростатска сепарација може да се отстрани дел од пиритот). ARD влијанието (влијанието на киселинската дренажа од рудните карпи) врз процесот на флотација воедно може да биде, како позитивно (сулфидите се отстрануваат од концентратот) така и негативен (се отстрануваат останатите минерали, а сулфидите остануваат во рудните остатоци). Постапката на редуцирање на материјалот до ситни делчиња во главно создава таков ефект да ги прави сулфидните минерали подостапни и заради тоа го интензивира и процесот на киселинска дренажа од рудните карпи.

Постапката за редуцирање на рудниот материјал до ситни честици врши очигледна промена на површинските својства на рудниот материјал. Во секој случај, може да се заклучи дека сите процесни чекори кај кои што се додаваат реагенси влијаат врз површинските својства на материјалот.

## **X.2.9 Управување со рудните остатоци и отпаден материјал**

Постојат различни методи за управување со рудните остатоци и отпадниот камен. Најчесто употребувани методи се:

- сувото колектирање на згуснатите остатоци
- отстранување на поголемо или помало количество на сув остаток или отпаден камен на купишта или на падините на брдата
- исполнување на поземните рудници или отворните јами со рудни остатоци или отпаден камен, или пак за конструирање на брани со материјал како што се рудните остатоци
- отстранување/ испуштање на рудните отпадоци во површинските води (на пример, море, езеро, река) или подземните води
- употреба на рудните производи од процесот на обработка за пополнување на земјиштето, на пример, тие се користат како агрегати, или за враќање на земјиштето во првобитна состојба
- испуштање на кгливиот отпад во бари или езерца.

Отпадниот камен се ракува така што тој се собира на купови или понекогаш се исфрла на падините на брдата.

## **X.2.10 Карактеристики на постројките за управување со рудните отпадоци и отпадниот камен**

### **X.2.10.1 Механичка цврстина**

Механичката цврстина претставува најзначајната карактеристика кај било кои рудни остатоци или отпаден камен при процесот на формирање на куповите или браните. Обично најсоодветните параметри за механичка цврстина се оние параметри кои при анализирањето на материјалот се асоцирани за ефективниот стрес на материјалот, т.е. за ефективната кохезија и ефективниот агол на распределениот отпор. Помалите варијации во својството на механичка цврстина на употребуваните рудни материјали може да има значајно влијание врз безбедносниот фактор. Заради тоа се прават различни тестови кај поголем број на тест примероци за цврстината на материјалот.

### **X.2.10.2 Други карактеристики**

Другите значајни карактеристики кои што се однесуваат на стабилноста на постројката се:

- распределувањето на големината на честичите: како оваа распределба влијае врз цврстината на материјалот
- густина
- пластичност
- пермеабилност (пропустливост). Според нивната хидраулична кондуктивност или пак коефициентот на пропустливост  $k$  (изразен во  $m/s$ ), остатоците и отпадниот камен може да се класифицираат во пет групи според DIN 18130 дел 1:
  - многу висока пропустливост:  $> 1 \times 10^{-2}$
  - висока пропустливост:  $1 \times 10^{-4} - 1 \times 10^{-2}$
  - пропустлив:  $1 \times 10^{-6} - 1 \times 10^{-4}$
  - ниска пропустливост:  $1 \times 10^{-8} - 1 \times 10^{-6}$
  - многу ниска пропустливост:  $< 1 \times 10^{-8}$
- вцврснување: количеството и опсегот на исталожените честичи од рудните остатоци или пак отпадниот камен се сврзани со својствата за вцврснување на почвата
- порозност

### **X.2.10.2 Брани за одложување на рудните остатоци**

Овие брани претставуваат површински конструкции кои што служат за управување со рудните остатоци. Овој вид на постројки за управување со рудните остатоци обично се користи за рудните остатоци кои што се добиваат од влажниот тип на обработка. Барите за одложување на рудните остатоци содржат 20 - 40 масени % на цврсти честичи, но во јавноста е познато дека овие бари содржат 5 - 50% на цврсти честичи.

Најголемиот дел од рудните остатоци се управуваат на површината на земјата. Вака дефинираната локација за управување со рудните остатоци одредува избор на земјиште каде што ќе се складираат рудните остатоци за



подолг временски период, додека пак рудните остатоци се генерираат преку фабриката за обработка на руда и, ако не се одреди дека има потреба од понатамошна дообработка, тие понатаму се одложуваат за недефиниран временски период. Вака складираните остатоци треба да се осигураат од физичка штета во смисла на преливање на материјалот преку браната. Овие рудни остатоци не смеат да ја загадуваат околната животна средина, надземните и поземните води, или пак атмосферата.

Кај секое одложување на рудните остатоци каде што се формира воден базен, треба да се имаат во предвид следниве активности:

- транспортирање на рудните остатоци од фабриката за обработка на рудата до браните каде што тие се складираат
- креирање на брани за акумулација на рудните остатоци
- диверزيونи системи за природно истекување на водата околу или низ браната
- евакуирање на испусната вода
- заштита на околната област од еколошки влијанија
- поседување на соодветни инструмент и мониторинг системи за набљудување на браната
- долгорочни аспекти (т.е. активност при затварање на локацијата и соодветна грижа по нејзиното затварање).

#### **X.2.10.3      Транспортни системи за пренос на ситниот дел од рудните остатоци (мил)**

Ваквиот транспорт обично се врши со помош на цевковод кој што започнува од фабриката за преработка на рудните остатоци до TMF. Во некои случаи, може да се користат отворени канали за испуштање на остатоците бидејќи овој дизајн за управување со рудните остатоци е најевтин. Цевководот со кој што се транспортираат рудните остатоци ретко се закопува во земјата, така што овој мил обично се транспортира со помош на камиони до постројките за управување со рудните остатоци.

#### **X.2.10.4      Брани за ограничување на локацијата**

Материјалот од кој што се конструираат овие брани, како и дизајн методите кои што се користат за да се конструираат браните во голема мера се разликуваат едни од други. Тие се разликуваат во тоа што имаат различни барања во однос на селектираната локација, достапноста на материјалите, како и нивната финасиска и оперативна политика за целокупната операција.

##### **Конвенционални брани**

Овој тип на брани се конструира пред да се врши било какво испуштање и складирање на рудните остатоци на локацијата предвидена за оваа намена.

Не може да се користат рудните остатоци за конструирање на ваквиот тип на брани. Конвенционалните брани се конструираат во оние случаи каде што заградувањето треба да изврши влијание како врз двата рудни остатоци, така и за водените испусти во текот на целиот период. Овие конструкции започнуваат од местото на нивното управување а завршуваат до местото каде што се наоѓа селектираната локација за нивно одложување.

- A. Страничен материјал кој ја пополнува браната
- B. Систем за исцедување на филтратот
- C. Јадро
- D. Малтер за пополнување на основата
- E. Исталожени рудни остатоци
- F. Вода во резервоарот

Целта на страничното пополнување е да се зацврсти браната, и да се заштити јадрото на браната од ерозија (која што ја предизвикуваат ветарот и дождовите), како и заштита на браната од дејството на брановите кои што ги предизвикува водата од таложното езеро.

На сликата е илустриран централниот дел на конвенционалните брани односно делот каде што се наоѓа јадрото на браната, но треба да се наведе дека кај овој тип на брани опсегот на можности варира или пак е сличен со можностите кои што ги нудат браните дизајнирани на начин кој врши само заградување на слободната вода. Во главно, браната треба да ги има следните својства:

- да го контролира протокот на вода
- да ја издржи тежината на количеството наталожен материјал кој што се истоварува како руден остаток и водениот базен
- ефективно пренесување на исцедената вода така што таа вода нема со себе да го пренесе цврстиот материјал (систем на филтрација)

#### **Степенеста конвенционална брана**

Овој тип на брани се слични со претходниот тип на брани, но за нивното конструирање се потребни пониски почетни капитални трошоци заради тоа што дизајнот на браната се заснова на тоа да трошоците поеднакво се распоредат преку временскиот период потребен за складирање на материјалот.

- A. Страничен материјал кој ја пополнува браната
- B. Систем за исцедување на филтратот
- C. Јадро
- D. Малтер за пополнување на основата
- E. Исталожени рудни остатоци
- F. Вода во резервоарот
- G. Моментален профил на браната

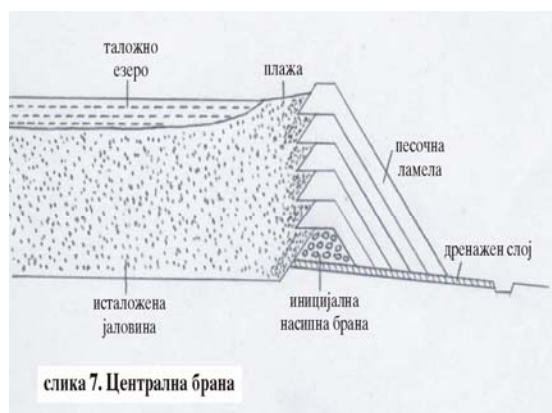
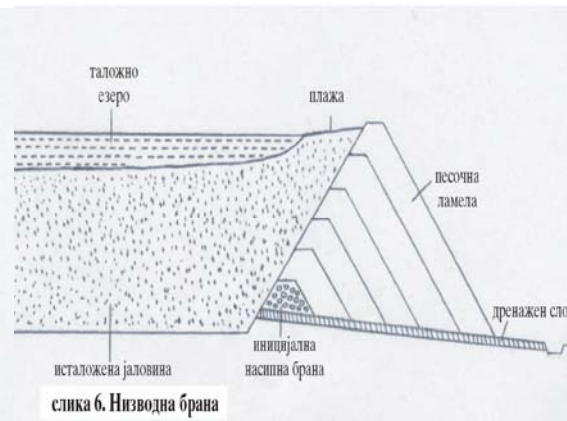
## Н. Иден профил на браната

### **Степенеста брана со јадро лоцирано пред водениот испуст**

Во случај да наталожениот материјал лежи близу до, или над, нивото на водениот базен тогаш јадрото на браната е лоцирано на страната на водениот испуст. Овај дизајн на браната е можен заради тоа што ова јадро не е подложно на ерозија и механичките влијанија манифестирани како бранови при процесот на слевање на рудните остатоци.

- А. Страничен материјал кој ја пополнува браната
- В. Систем за исцедување на филтратот
- С. Јадро
- Е. Исталожени рудни остатоци
- Г. Вода во резервоарот
- Г. Моментален профил на браната
- Н. Иден профил на браната

### **Видови брани:**



## **X.2.10.5 Скалдирење на материјалот во заградената локација**

### **Хидраулички начин на складирање**

Рудните остатоци се пумпаат во езерото за таложење на овие остатоци кои имаат 5 - 50% содржина на цврсти честици. Во некои случаи кога се применува овој начин на складирање на материјалот, а посебно во случаите каде што се применуваат конвенционалните брани, испустот на рудните остатоци во заградената локација може да се изврши во облик на испуст од едно место кој има отворен крај. Во други случаи на складирање ќе има потреба од други методи кои се карактеризираат со поголема контрола врз овој процес. Тие во себе вклучуваат **линиски или периметарски испусти** или пак употреба на **хидроциклони**.

#### **Складирање на материјалот преку негово згуснување**

Згуснатите остатоци во себе содржат над 50 % цврсти честици. Ваквото складирање на материјалот овозможува ефикасност при складирањето, и тоа се одвива при услови каде волуменот на складираниот материјал ја достигнува висината на браната, бидејќи аголот на исталожување се зголемува со зголемување на содржната на цврсти честици во материјалот. Во опремата која што се користи за згуснување на исталожениот материјал спаѓаат згуснувачите и/или другите филтер механизми.

### **X.2.11 Киселинска дренажа на рудните карпи**

За да се добие покомплетен и научно исправен опис по сите значајни прашања во врска со киселинска дренажа на рудните карпи може да се наведе најново објавената литература. Меѓу најново објавените извештаи кои што се бесплатни и достапни на интернет, а се во врска со извршените истражувања на ова поле и се направени на највисоко научно ниво за кои што е употребена бројна литература при нивното креирање, може да се наведат: за сулфидната оксидација (Herbert, 1998); Предвидливо моделирање (Destuoni et al., 1998); Заштита и контрола на загадувањето кое произлегува од производите на рудните остатоци и отпадниот камен (Elander et al., 1998); Лабораториски студии и клучни процеси (Herbert et al., 1998); Теренски студии и карактеризација (Öhlander et al., 1998); и Биохемиско моделирање (Salmon, 1999).

За да се дадат соодветни примери во врска со оваа појава, се наведени погоре споменатите препораки. Целта на овој дел е да се даде краток преглед на хемиските процеси кои што се вклучени во генерирањето и употребата на киселината.

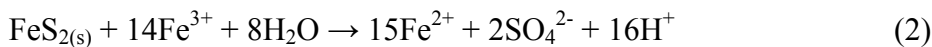
#### **Сулфидна оксидација (конзумирање на киселината)**

Сулфидните минерали се екстрахираат од каменото корито кое што се формирало под јаки редукциони услови кои што резултирале во тоа да

сулфидните соединенија во природата се јавуваат во најниско оксидирана состојба. Сулфидите кои најчесто се јавуваат во природата се всушност железните сулфиди (пиритот  $\text{FeS}_2(\text{s})$  и пиротит  $\text{FeS}(\text{s})$ ). Овие железни сулфиди начесто коегзистираат заедно со други сулфидни соединенија кои што имаат повисока економска вредност, како што е на пример халкопиритот ( $\text{FeCuS}_2(\text{s})$ ); галена ( $\text{PbS}(\text{s})$ ); сфалерит ( $\text{ZnS}(\text{s})$ ) или тие може да се најдат заедно со сулфидните соединенија кои имаат многу мала економска вредност како што е арсенопиритот ( $\text{FeAsS}_2(\text{s})$ ). Кај карпестиот предел, достапниот материјал и подземните води го минимизираат контактот на карпите со кислородот, така што оксидацијата на сулфидните соединенија е сведена на минимум. Во секој случај кога сулфидите се изложени на оксидирачка и влажна атмосфера, на пример, додека се одвиваат активностите во рудникот овие соединенија започнуваат да се оксидираат. Овој процес обично се демонстрира преку оксидациониот процес на пиритот ( $\text{FeS}_2(\text{s})$ ) со кислородот и водата:

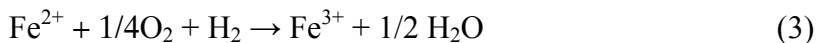


Сулфидната оксидација која што претставува споро кинитички контролиран егзотермален процес, истотака може да се примени и кај други оксиданти како што е железниот јон  $\text{Fe}^{3+}$ :

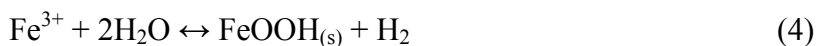


Во последните неколку декади се узучуваа процесите на оксидација на сулфидите, во главно на пиритот, како и оние процеси кои што влијаат врз оксидационото ниво на сулфидите. Меѓу различните фактори кои што влијаат на оксидационото ниво на сулфидите, како најзначаен фактор може да се наведе достапноста на кислородот.

За да се одржи процесот на континуирана сулфидна оксидација треба да се обезбеди кислород од околната атмосфера. Оваа констатација важи за случаите на сулфидна оксидација (равенка 1), а индиректно и за сулфидната оксидација на железниот јон (равенка 2), бидејки кислородот е потребен за оксидација на двовалентниот железен јон до тровалентно железо според равенката:



Тровалентниот железен јон може да се вклучи во реакцијата на оксидација (равенка 2) или пак железо оксихидроксидот да хидролизира според равенката:



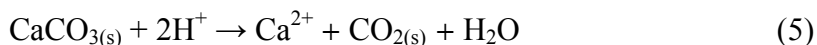
Истотака постојат индикации дека процесот на циркулирање на железото низ оксидационите процеси на двовалентното и тровалентното железо може да

претствува потенцијално клучен процес во менаџмент постројките каде што се одвиваат анаеробните процеси на рудните остатоци и отпадниот камен. Теренските студии, во секој случај, индицираат дека вкупната стапка на сулфидна оксидација драстично се редуцира со примена на границите во процесот на дифузија на кислородот. Резултатите од био-геохемиското моделирање кои се калибрирани во однос на теренските податоци кои пак се добиени од испитаните скалдирани рудни остатоци не индицираат дека оксидацијата на пиритот од страна на тровалентниот железен јон има било какво влијание кај материјалот во процесот за негова повторна употреба.

Како што е опишано погоре во текстот, поголемиот број на фактори влијаат на степенот на сулфидна оксидација, како што е на пример бактериолошката активност, pH - средината, Eh (концентрацијата на кислород), температурата и галванските процеси на различните сулфиди. Овие фактори подетално се испитани и се развиени бројни изрази (законски стапки) за одвивање оксидационата реакција на пиритот под различни услови. Во литературата се достапни овие законски стапки. Овие различни фактори при природни услови, како на пример, во постројките за рудни остатоци или отпаден камен, се меѓусебно зависни и врз овие фактори влијаат други фактори како што е површинска област на материјалот достапна за процесот на оксидација која се детерминира преку распределувањето на големината на зрната во материјалот, минерологијата, хидрологијата и достапноста на пуферските материји, и.т.н. Овие фактори се објаснети во натамошните делови од текстот.

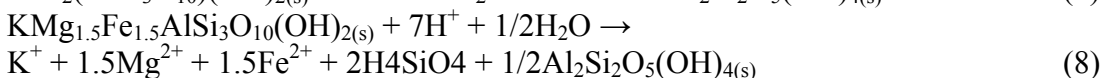
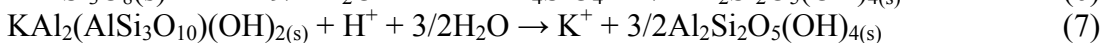
### **Растворање на пуферските минерали (употреба на киселината)**

Ако пуферските минерали (карбонатите) се достапни, тогаш тие се наоѓаат во рудните остатоци или отпадниот камен, киселината произведена преку оксидацијата на сулфидните минерали (равенки 1 и 2) и исталожувањето на железо оксихидроксидот во цврста форма (равенка 4) кои што понатаму ќе се конзумираат од страна на растворот на пуферските минерали кои пак што се овде демонстрирани преку равенката на растворање на калцитот:



Растворањето на калцитот е брза реакција во споредба со реакцијата на оксидација на пиритот и заради тоа обично се претпоставува дека таа е во рамнотежна состојба (т.е. има стапка на конзумирање на киселината која што е иста со стапката на процесот на нејзино произведување). Во случај да нема доволно количество на присутни достапни пуферски минерали, или пак ако тие се исцрпат со текот на времето, pH- средината на испустот може да се намали а со тоа да се интензивира растворливоста на растворените метали. Овој процес е појава што обично се нарекува киселинска дренажа на рудните карпи.

Киселината истотака се конзумир од страна на растворот на другите пуферски минерали, како што се алуминиум силикатите, но обично со спора стапка која што неможе да оди во чекор со производството на киселина при атмосферското влијание врз сулфидите, како и растварањето на алумино - силикатите кои кинетички се контролираат. Конзумирањето на киселината како процес се демонстрира преку следниве равенки кои што го прикажуваат растварањето на алумино - силикатите како што е калиум - фелдспад, мусковит и биотит.



## **Х.2.12 Минерологија и рударски техники**

### **Олово**

Најзначаен оловен минерал во индустријата за обработка на рудата е галенитот (PbS), кој што содржи до 1% сребро.

### **Цинк**

Сфалеритот (цинк железен сулфид, ZnS) претставува еден од основните рудни минерали во светот. Ископувањето на примарната сулфидна руда на Cu, Zn, и Pb доминира кај основните процеси на ископување на металите во оваа индустрија во Европа (Le Cusses, ако еднаш профункционира, тогаш тој ќе биде исклучок). Сулфидната и степенот на застапеност на вредните минерали значително варира помеѓу различните локации.

### **Х.2.12.1 Обработка на рудата**

При обработката на примарно сулфидните руди сите фабрики користат слични техники за обработка:

- кршење
- дробење
- флотација
- сушење на концентратите

Флотацијата може да се одвива на различни начини, како например преку селективна флотација или пак преку селективна флотација на најголемиот дел од количеството руден материјал, зависно од карактеристиките на рудата, барањата на пазарот, трошоците на флотационите адитиви, и.т.н. На сликата подолу се илустрирани две можни опции за истата фабрика за обработка на рудата односно за фабриката Zinkguran.

- Фабриката **Zinkgruvan** врши преработка на минералите. Таа е конструирана во 1997 и е лоцирана близу до рудникот. Оваа фабрика функционира континуирано и има годишно производство од 850000 тони руда. Изборот на процес и технологија се базира на голем број тест операции за процесите и технологијата на преработка на цинковата и оловната руда. Автогенското дробење во комбинација со процесот на селективна флотација на најголемиот дел од количеството на рудниот материјал (погледни на слика 3.10) е одреден како главна процесна техника и се користи во Zinkgruvan од 1977 година.

#### **X.2.12.2      Редуцирање на рудниот материјал до ситни делови**

Примарната дробилка во фабриката Zinkgruvan е лоцирана под земја. Од привременото место кое што е предодредено за складирање, а обично со капацитет од 9000 тони, рудата се транспортира до секундарната дробилка каде што се произведуваат фракции со две големина на честиците:

- големина на честици > 100mm; како шљунак за автогенската мелница
- големина на честици: 25 - 100mm; се рециклира
- големина на честици < 25 mm; до автогенската мелница

Оптималната смеса составена од фракциите со две различни големина на честиците: >100 mm и < 25 mm потоа се внесуваат во автогенските мелници. Во оваа фабрика се користи автогенско дробење за да се генерира производ со 90% количество честици со големина < 100  $\mu$ m, за 40% цврсти честици.

**Табела 3: Типови на опрема кои се користат за редуцирање на материјалот до ситни делчиња, број на производствени линии и проток**

Постапки	<b>Zinkgruvan</b>
Кршење во рударското окно/ под земја	Кршење на рудниот материјал под земја
Кршење во фабриката за преработка на минерали	Секундарна дробилка
Дробење	Автогенското дробење
Производствени линии	1
Капацитет на линиите (t/h)	155



### **X.2.12.3 Сепарација**

Во фабриката Zinkgruvan флотациониот процес се прави во два чекори, како што е погоре објаснето, на овој процес следи процесот на сепарација на цинкот и оловото. При обработка на поголемиот дел од целокупното рудно количество се додава сулфурна киселина во флотациониот процес за да се намали рН - средината од неговото природно ниво отприлика околу 9 до вредност отприлика околу 8. Како колектор за саканите минерали (галена и сфалерит) се користи содиум- изо- пропил ксантат, заедно со метил - изо - бутил карбинол како агенс за формирање на пена. Во флотациониот циклус се врши повторно поединечно дробење за да се подобри чистотата на концентратот. Концентратот добиен од најголемиот дел на целокупното количество на рудниот материјал извлекува 98%, 95% и 85% од целокупната содржина на цинк, олово и сребро.

Сода хидроксидот се додава во чекорот на сепарација на цинкот/оловото за да се зголеми рН средината отприлика до 12. Од овој процес директно се произведува цинк концентрат, а за произведување на оловниот концентрат е потребна дополнителна флотациона постапка во повеќе чекори за постигнување на конечен оловен концентрат.

### **X.2.12.4 Управување со рудните остатоци**

Остатоците се користат за пополнување на јамите при работата во рударските окна. На овие локации 16 - 52% од количеството на рудните остатоци се користат за пополнување на јамите. Производството на рудните остатоци и процентот на рудни остатоци за пополнување на јамите кај различните фабрики за преработка на рудните остатоци се сумирани во табелата подолу.

**Табела 4: Проценти на полнење со рудни остатоци при основните операции за обработка на металите**

Локација	Метод на ископување	Производсво на рудните остатоци (t/yr)	Рудни остатоци кои што се користат за пополнување на јамите (%)
Almagrera	под земја	900000	0
Grapenberg	под земја	910000	50
Mina Reocin	отворена јама/ подземно ископување	950000	94
Zinkgruvan	под земја	850000	50

Almagrega ги користи отпадниот камен и каменот, кои се добиени од каменоломот, во процесот на пополнување на јамите а не ги користи остатоците. Во Mina Reosin се пополнува ископаната отворена јама, што го објаснува високото производство на материјал за пополнување на јамите. Операциите за пополнување на Zinkgruvan и Grapenberg искористуваат 45 - 50% од целокупното количество на материјалот за пополнување на јамите.

#### **X.2.12.4      Карактеристиките на рудните остатоци**

Рудните остатоци кои што се добиваат во фабриката Zinkgruvan во главно содржат кварц, фелдспат и калцит. Истотака во овие рудни остатоци присутни се и мали квантитативни количества на сулфиди (содржина на сулфур <0.25%). Содржината на калциум во главно е 8%. Опсегот помеѓу сулфурот и калцитот е <0.1 што сугерира дека остатоците добро се пуферизирани и не произведуваат киселинска дренажа на карпите. Тестовите кои се однесуваат на атмосферското влијание врз рудните остатоци истотака покажуваат дека остатоците имаат низок опсег на атмосферско влијание. Хемискиот состав на рудните остатоци е даден преку следнава табела:

**Табела 5: Хемиска анализа на рудните остатоци од Zinkgruvan**

<b>минерали</b>	<b>масени %</b>
SiO <sub>2</sub>	62.4
TiO <sub>2</sub>	0.3
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11.8
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.6
FeO	2.9
MnO	0.7
MgO	2.2
CaO	7.0
BaO	0.01
Na <sub>2</sub> O	0.6
K <sub>2</sub> O	4.9
H <sub>2</sub> O <sup>110 - 350</sup>	0.1
CO <sub>2</sub>	2.1
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.1
FeS	0.5
ZnS	0.2
PbS	0.1
Други минерали	3.3
<b>Вкупно</b>	<b>100</b>

Ако остатоците еднаш се исталожат во езерото, тогаш тие имаат за тоа место својствена пропустливост со вредност од  $10^{-5}$  -  $10^{-6}$  m/s и својствена за тоа место густина од 1.35 - 1.45 t/m<sup>3</sup>.

#### **X.2.12.5      Применети методи за управување со рудните остатоци**

Методите кои што се користат при ископувањето на рудата во фабриката Zinkgruvan имаат потреба од спроведување на постапката за затрупување на јамите по ископувањето. До 2001 година се употребувал хидрауличкиот начин на пополнување на јамите. При користење на ваков начин на пополнување на јамите, треба да се наведе дека е потребен капацитет на дренажа на рудните остатоци со вредност од 5cm/h. Заради оваа причина, грубата фракција на рудните остатоци е екстрахирана од вкупното количество на рудни остатоци преку употреба на хидроциклони, односно, фракцијата чија големина на честици > 50  $\mu\text{m}$  се враќа назад во рудникот. Преку овој начин, со користење на хидрауличкиот начин на пополнување на јамите, се користи приближно 50% од целокупното количество на рудните остатоци. Фината фракција на рудни остатоци се испумпува во Enemossen езерото кое е наменето за одложување на рудните остатоци.

Барањата што се однесуваат на капацитетот на дренажа на материјалот со кој се пополнуваат јамите, целосно се занемаруваат, а со тоа се дозволува употреба на фината фракција на рудните остатоци за пополнување на јамите. Понатаму, остатоците кои се пумпаат во езерото наменето за нивно одложување, истоака можат да содржат честици од грубата фракција која пак ја овозможува употребата на рудните остатоци за конструирање на браните. Овој начин на управување со рудните остатоци сега се имплементира во Zinkgruvan, и може да се заклучи дека повеќе не се употребува хидрауличкиот начин на пополнување на јамите.

Она количество на рудни остатоци кое што не се користи за пополнување на јамите се испумпува заедно со процесната вода, која пак доаѓа од фабриката за обработка на рудата, преку цевките до езерото за одлежување на остатоците лоцирано 4km јужно. Талозите на цврстите честици во езерото и слободната вода која со помош на гравитацијата се носи до езерото за прочистување, оддалечено за 1km од езерото каде се скалдираат овие талози, со цел да се изврши нивно дополнително прочистување. За да може рамномерно да се пополни езерото за складирање на остатоците, точките на испуштање на материјалот континуирано се поместуваат по должината на испусниот канал кој што е конструиран од отпаден камен. Водата повторно рециркулира, односно се враќа од езерото за прочистување назад во фабриката за преработка на рудните минерали (погледнете го водениот баланс). Водата истотака се испушта низ цевководот и тунелот до водниот реципиент. Езерото каде што се складираат остатоците, како и езерото за прочистување се формира така што се користат природните базени (оној тип на базени кои што се формираат во долини).

Езерото во кое се одложуваат рудните остатоци е испланирано така да тоа се заградува со околните брда и двете брани. Езерото се основа на растресита каллива површина и тоа моментално зафаќа површина одприлика околу 50 ha. Кога езерото за одложување на рудните остатоци се наоѓа во неговата финална форма, тогаш тоа зафаќа површина од 60 ha. Насипите претставуваат конструкции артикулирани според областа, и вршат заштита од ерозија преку рудните карпи поставени на горното течение, а наклонетоста се карактеризира со ниска пропустливост до јадрото, филтер слојот формиран од камења со големина детерминирана од страна на ситото при процесот на сеење и падина која што се состои од карпи кои што се користат за пополнување. Во долната табела се наведени карактеристиките на браните и езерото за одложување на остатоците.

**Табела 6: Карактеристични податоци за постоечките брани X - Y и E - F на Zinkgruvan локацијата**

Карактеристики	Брана X - Y	Брана E - F
Искористен капацитет декември 2000	5.7	7.0
Дозволен капацитет (од 1981) (Mm <sup>3</sup> )		
Област за складирање на целокупниот материјал на рудните остатоци (ha)		
Целокупната површина која што ја зафаќа езерото за прочистување (ha)		
Волуменот на материјалот во браните (m <sup>3</sup> )	380000	170000
Материјалот земен од надворешната позајмена површина	70000	30000
Висина на браната (m)	27	17
Должина на врвот (m)	800	400
Широчина на врвот (m)	16	16
Падина на браната при нагорното течение	1:1.5	1:1.5
Падина на браната при надолното течение	1:1.5	1:1.5
Широчина на стабилизирачката банкина (m)	7	7
Падина на страната каде е надолното течение на банкината	1:1.5	1:1.5

За да се избегне емитурањето на прашина се применува оксидационен подводен испуст. Во секој случај, за да се намали површината, потребна е плажа со должина 30 - 50 m и со висина од 0.1 - 0.5 m над нивото на водата која што е блиску до браната. Кога се испуштаат остатоците под воденото ниво, аголот е значително пострмен од оние испусти кои што се над нивото на водата и се блиску до браната. За да езерото се наполни рамномерно се врши

континуирано поместување на испусните точки по должината на каналите кои се наоѓаат врз куповите конструирани во езерото. Плажата се наводнува за време на сувиот период на годината (пролет - лето - есен). За време на преиодите без снег, како и во зимскиот период, емисиите на прашина од локациите не можат целосно да се избегнат, иако се испробани различни методи на прекривање на површината.

Системот за декантирање претставува систем од оној тип кој што има облик на кула. Декантираната вода со помош на гравитацијата тече надолу до езерото за прочистување. 50% од декантираната вода повторно се употребува во фабриката за прерабока на рудата. Ако нивото на вода го надмине одреденото ниво во овој систем, тогаш автоматски се активира конструираниот вентил кој што се користи при итни случаи. Инсталираниот капацитет за испуштање има вредност од  $0.7 \text{ m}^3/\text{s}$  (не сметајќи го системскиот капацитет на испуштање при итни случаи) кој што кореспондира на врнежи со времетраење од 100 години односно максимално зголемување на воденото ниво во езерото за 0.5m.

Браните означени со E - F и X - Y се конструирани како конвенционални. Тие во основата се конструирани така што се употребува природен камен кој е покриен со искршен камен или јаглен. Ископувањата се прават под браните се додека не се сигне до природните лежишта или пак додека не се дојде до слоевите со искршен камен во најмала длабочина од 4m, така што овие ископувања се прават со цел да се поврзе јадрото на браната кое има ниска пропустливост и фундаменталната основа на браната. Ниско пропустливото јадро е составено од компактна маса карпи која се носи од областа каде што е лоцирана јамата. Пропусливоста на карпите се движи меѓу  $1 \times 10^{-8}$  и  $1 \times 10^{-9} \text{ m/s}$ . При конструирањето на браната континуирано се врши квалитативна контрола на карпестата маса и филтер материјалот, така што при овие контроли во главно се вклучуваат тестови/ контроли за испитување на компактната на материјалот и карактеризирање на материјалот (распределба на големината на зрната).

Хидрогеолошките студии за ова пронаоѓалиште прикажуваат дека камената маса во оваа област има повеќе зони на кршење. Искршените карпи се карактеризираат со својство на пропустливост и може да се исцедуваат. Овие својства на карпите резултираат во течни испусти кои што се исцедуваат надвор од езерото каде што се складираат. Водената рамнотежа односно распределувањето на воденото количество е илустрирано на долната слика.

#### **X.2.12.5      Управување со отпаден камен**

Минеролошкиот состав на отпадниот камен во рудникот Zinkgruvan е прикажан преку долната табела (чии што податоци се базираат врз микроскопски анализи). Отпадниот камен во главно се состои од кварц и фелтспат (>70%), а може да содржат и траги од сулфидните минерали. Соодносот на карбонатите и сулфурот има вредност >10, заради тоа отпадниот камен има висок пуферски капацитет и поради оваа причина тој неможе да предизвика киселинска дренажа на карпите. Се врши регуларно мострирање на отпадниот камен, при што овие примероци лабораториски се анализираат за да се одреди процентуалната застапеност на оловото и цинкот. При лабораториското испитување на големо количество вакви примероци, може да се заклучи дека во отпадните карпи има содржина од 0.3% Zn и 0.2% Pb. Густината на искршениот отпаден камен има вредност од  $1.75 \text{ t/m}^3$ , додека густината односно збиеноста на карпите варира помеѓу 2.6 и  $2.7 \text{ t/m}^3$ .

**Табела 7: Минерологија на отпадниот камен во рудникот Zinkgruvan**

<b>Минерали</b>	<b>Фракција %</b>
Кварц	32.8
Плагиокласи	1.0
Микроклин	27.3
Биотит	4.3
Мусковит	1.6
Хорнбленда	11.7
Диопсид	9.9
Гранат	4.2
Епидот	0.4
Цоисит	3.1
Калцит	2.5
Титанит	0.3
Циркон	0.3
Апатит	0.1
Други	0.5
<b>Вкупно:</b>	<b>100%</b>

#### **X.2.12.5      Применети методи за управување**

Кај рудникот Zinkgruvan годишно се произведуваат околу 0.2 милиони тони отпаден камен. При крајот на функционирањето на рудникот, можно е да се произведува рудата без да се генерира количество на отпаден камен. Отпадниот камен се корисити за конструирање на брани при складирањето на рудните остатоци и како материјал за пополнување на јамите во рудникот. Овој камен може истотака да се продава надвор од рудникот. На површината на оваа локација се вршат различни активности за ракување со 0,5 милиони

тони отпаден камен. Овој камен е складиран близу до отворената јама и служи како звучен бариера поставена околу источниот дел на оваа индустриска локација. Со било кој вишок на отпаден камен се ракува така што тој се складира на купови а потоа тој се дава на некој надворешен менаџер за да го крши и продава материјалот на трета страна. Продажбата на отпаден камен изразена во проценти, во временски период од 1996 до 2000 година, иснесува 58%.

#### **X.2.12.6 Емисии и нивоа на потрошувачка**

##### **Управување со водата и реагенсите**

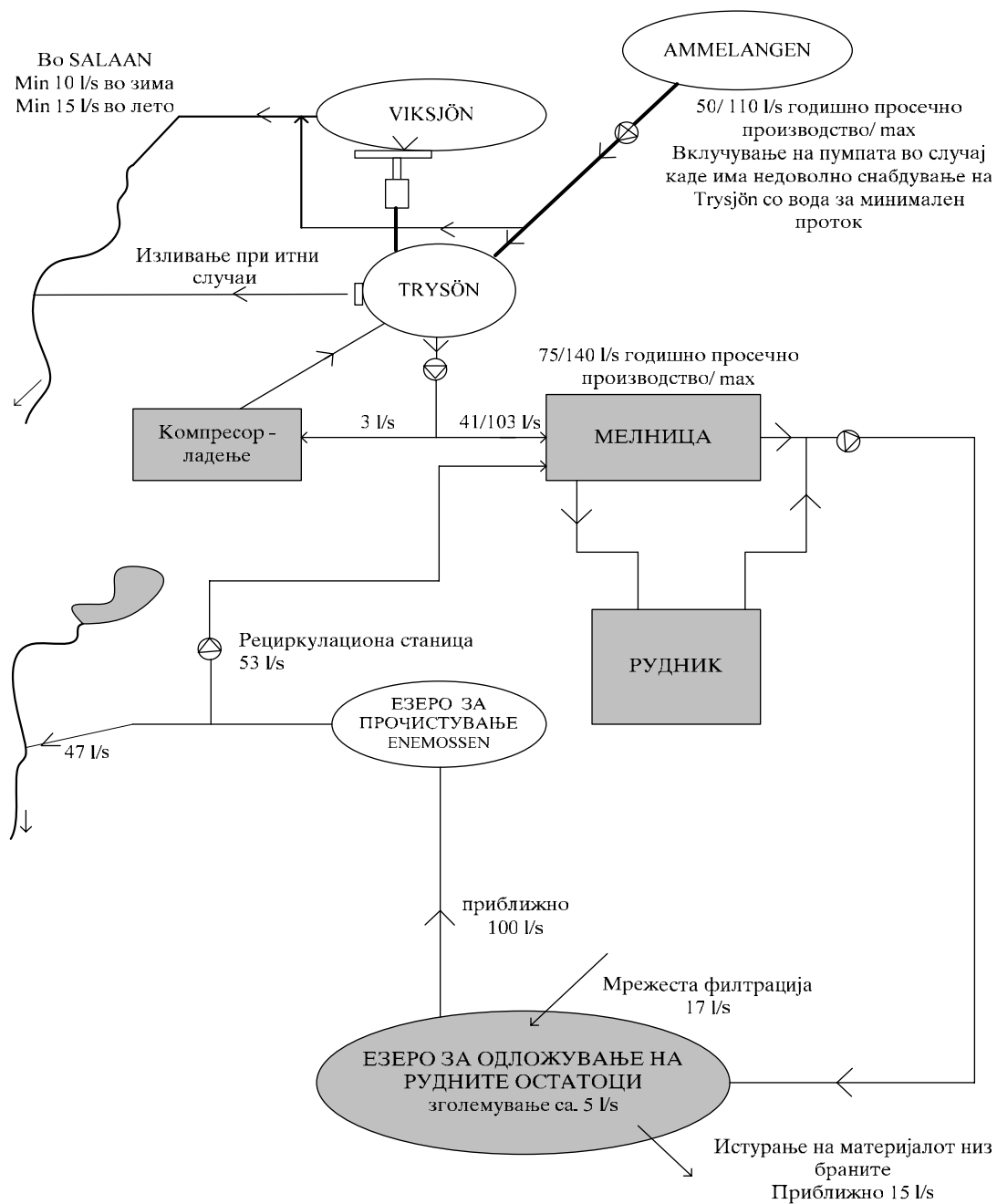
##### **• Водена потрошувачка**

На долната табела бр.8 е прикажана водената потрошувачка и процентот на повторно употребената процесна вода во основните рудни наоѓалишта за метали:

<b>Наоѓалиште</b>	<b>Обработена руда (тони/годишно)</b>	<b>Потрошувачка на вода (m<sup>3</sup>/тон)</b>	<b>Повторно употребена вода во фабриката за преработка на минералите (%)</b>	<b>Од кои постројките за управување со рудните остатоци (%)</b>	<b>Од кои постројките за управување со рудните остатоци (%)</b>
Zinkgruvan	850000	2.7	63	73	27

Главната потрошувачка на вода е во самиот процес на преработка на рудата, при влезот на смеса и при процесот на ладење. Целокупниот воден биланс е прикажан на следнава слика.

**Слика 8: Водениот биланс при функционирањето на рудникот Zinkgruvan го прикажува годишниот просечен проток и максималниот проток**





● **Потрошувачка на реагенси**

На следнава табела бр.9 се прикажани реагенсите кои што се користат кај основните фабрики за преработка на минералите. Може да се каже дека цијанидот се користи како инхибитор кај сфалеритот, пиритот, како и кај некои бакарни сулфиди.

**Табела 9: Потрошувачка на реагенси во постројките за преработка на основните метали**

		Локација
		Zinkgruvan
Реагенс		Потрошувачка
Група :	Тип :	g/t
Реагенси за таложење		
	Ксантати	100 - 120
	Тионо карбамат	
Реагенси кои формираат пена		
	Sylvapine	
	MIBC	30 - 40
	Dowfroth	
Активатори		
	Бакар сулфат	
	Сода сулфид	
	Сода хидросулфид	
Инхибитори		
	Сода цијанид	
	Цинк сулфат	30 - 50
	Железо сулфат	
	Оцетна киселина	
	Сода хромат	
	Ди-тио-фосфат	
pH		
	Варовник	
	Суфурна киселина	300 - 500
	Сода хидроксид	400 - 600
	Азотна киселина	
	Хидрохлорна киселина	
Реагенси за процесот на флокулација		
	СМС	
	Други реагенси	
Други		
	Сода пепел	
	“Флотациони реагенси”	
	Сулфур диоксид	

Како алтернатива на ксантатите како соединенија кои претставуваат реагенси за поттикнување на процесот на таложење, постојат други различни типови на соединенија кои служат како реагенси. Овие реагенси се од типот на di aril di tiofosfatite. Ако се променат реагенсите кои што го поттикнуваат процесот на таложење тогаш треба да се изврши промена на флотациониот

процес во рудникот Zinkgruvan односно овој процес да се трансформира во директно селективен флотационен процес за сепарирање на оловото/цинкот. Целокупните трошоци за хемикалиите во овој процес се два пати поголеми од трошоците за процесот кој што денес се употребува. Овој факт резултира односно зависи од типот на хемикалии кои што се користат во процесот т.е. бакарен сулфат, сулфур диоксид и гасената вар.

#### **X.2.12.7 Емисии во вода**

Годишните испусти од рудникот Zinkgruvan изнесуваат 1.5 Mm<sup>3</sup>.

На табела 10 се прикажани емисионите концентрации кои се испуштаат од постројките за обработка на рудните остатоци.

**Табела 10: Емисиони концентрации на рудниците кои вршат преработка на металните руди**

Параметар	мерна единица	Локација
		Zinkgruvan
		година
		2001
pH		
Суспендирани честици	mg/l	3.1
Масло од	µg/l	-
Бакар (растворен)	µg/l	-
Бакар (целокупно количество)	µg/l	2.7
Цинк	µg/l	220
Олово	µg/l	27.3
Кадмиум	µg/l	0.3
Арсен	µg/l	1.9
Хром	µg/l	<1.0
Жива	µg/l	<0.1
Железо	µg/l	-
Алуминиум	µg/l	-
N - целокупно количество	mg/l	5.4

Кај рудникот Zinkgruvan, системот за преработка на рудните остатоци и системот кој што врши таложење на рудните остатоци во езерото има многу добра постројка за преработка на рудните остатоци. Оваа постројка е ефикасна за самиот процес, како и при управувањето на водата во рудникот, а таа ефикасност се должи на нејзиниот висок адсорпционен капацитет. Преку целокупното искористување на карактеристиките на овој систем и минувањето на сите води од рудникот и сите води од процесот низ него, во последните 15 години е постигнато значително редуцирање на испустите на цинк. Ова редукција на цинковите испусти, во временски период од 15 години, е прикажан на долната слика:

### **Х.3 ТЕХНИКИ КОИ ТРЕБА ДА СЕ ЗЕМАТ ВО ОБЗИР ПРИ ДЕТЕРМИНИРАЊЕ НА НДТ**

Во овој дел се презентирани техниките за заштита или редуција на емисиите, како и техниките за заштита односно спречување на хаварии согласно Делот 6.3 од Communication (COM (2000) 664). Сите овие техники се моментално достапни и применливи.

#### **Х.3.1 Општи принципи**

Ако целокупниот процес на функционирање (кој во себе ги вклучува процесите во: рудникот, фабриката за обработка на минералите, постројката за управување со рудни остатоци и отпаден камен) е дизајниран според карактеристиките на рудните остатоци и отпадниот камен и при тоа се земаат во предвид различните хемиски, физички и биолошки меѓусебни интеракции кои пак се должат на влијанието на процесите за ископување и обработка на рудата, тогаш постои можност за редуцирање на проблемите и трошоците од процесот на управување со рудните остатоци и отпадниот камен [21, Ritcey, 1989]. Истотака процесот на управување со рудните остатоци и отпадниот камен, во кој се вклучува и процесот на управување со водата кој пак претставува составен дел од целокупниот животен циклус на функционирање на рудникот, претставува толку фундаментално значаен процес како и самиот процес на екстрахирање на рудата [45, Euromines, 2002].

За да може добро да се управува со рудните остатоци и отпадниот камен треба да се изврши проценка на алтернативните опции во однос на:

- минимизирање на волуменот на рудните остатоци и отпадниот камен кој примарно се иницира преку, например соодветен избор на рударска метода (различни методи на подземно ископување/отворена јама)
- максимално зголемување на можностите за алтернативно употребување на рудните остатоци и отпадниот камен, како што се можностите за:
  - употребување на рудните остатоци и отпадниот камен како агрегати
  - употребување на рудните остатоци и отпадниот камен при процесот на реставрирање односно повторно враќање во употреблива состојба на други рудни локации
  - употребување на рудните остатоци и отпадниот камен како материјал за пополнување на јамите
- обработување на рудните остатоци и отпадниот камен со цел да се изврши минимизирање на секоја еколошка или безбедносна опасност, како што се процесите на:
  - де - пиритизација
  - додавање на пуферски материјали.

Најефикасниот начин за редуцирање на количеството на отпаден камен е да се изврши екстрахирање на рудата така што ќе се користи начинот на подземно ископување на рудата, наместо да се употребува начинот на ископување на рудата во отворена јама. Начинот на ископувањето на рудата во отворената јама има економски предности над постапката за подземно ископување на рудата, при што може да се каже дека комплетно го менува начинот на дефинирање на: поимот руда и поимот минерализација. Може да се заклучи дека е често можно да се искористи многу поголем дел од рударскиот материјал ако се употребува начинот на ископување на рудата кој предвидува отворена јама.

Може да се наведат повеќе аспекти при разгледувањето односно изборот на постапката за ископување на рудата. Како позначајни примери може да се наведат следниве методи на ископување на рудата: начин на ископување на рудата кој подразбира примена на отворена јама или начин на ископување на рудата кој подразбира подземно ископување или пак комбинација од овие два главни алтернативни методи. Може да се каже дека, при било која ситуација односно при користење на било кој начин на ископување на рудата не е во интерес на самиот рудник да произведе поголемо количество на отпаден камен отколку што е тоа потребно. Ваквото производство на отпаден камен не е пожелно бидејќи процесот на управување со отпадниот камен е дефиниран како процес на потрошувачка на суровините, а со тоа се врши дефинирање на трошоците на компанијата со многу мала или без било каква корист за компанијата.

Истотака се применува и **постапката за проценување на ризиците**, за да се изврши соодветно проценување на употребуваните техники и да се осигура дека тие се најсоодветни за дадените специфични услови од еколошки, безбедносен, технички и инженерски аспект. За да се детерминираат можните причини за откажување на постројката за управување со рудни остатоци, и за да може последователно да се спречи било каков иден колапс на процесот, треба како главно прашање при дефинирањето на техниките да се постави прашањето: “што во случај на..?”. Тоа значи дека треба да се испланираат активности кои би се спровеле при различни сценарија на хаварија, така што тие треба да се базираат на: можните влијанија при итни случаи или пак врз можната реакција како одговор на ваквите влијанија. Треба да се развијат планови за делување при вакви случаи така што тоа претставува значаен дел од функционирањето на рудникот. Овие планови треба да бидат познати и прецизно утврдени од страна на персоналот.

Треба да се наведе дека, во случај да не е можно да се избегне употребување на било кои рудни остатоци и отпаден камен (а тоа се должи на пристапноста на рудниот материјал, безбедносните причини, и.т.н), и ако овие материјали не се сигурни за алтернативна употреба (на пример, зависно од нивните физички до нивните хемиските својства, од транспортните трошоци, и недостаток од нивната потреба на пазарот) може да се заклучи дека

производните процеси на овој индустриски сектор имаат потреба од соодветна менаџмент стратегија, која што цели на обезбедување на:

- безбедно, стабилно и ефективно управување со рудните остатоци и отпадниот камен, каде што ќе постои минимален ризик од случајни испусти во еколошката средина за краток, среден или долг временски период
- минимизирање на квантитетот и токсичноста на било кој загаден испуст/ дотур од менаџмент постројката
- прогресивна редукција на ризикот со текот на времето

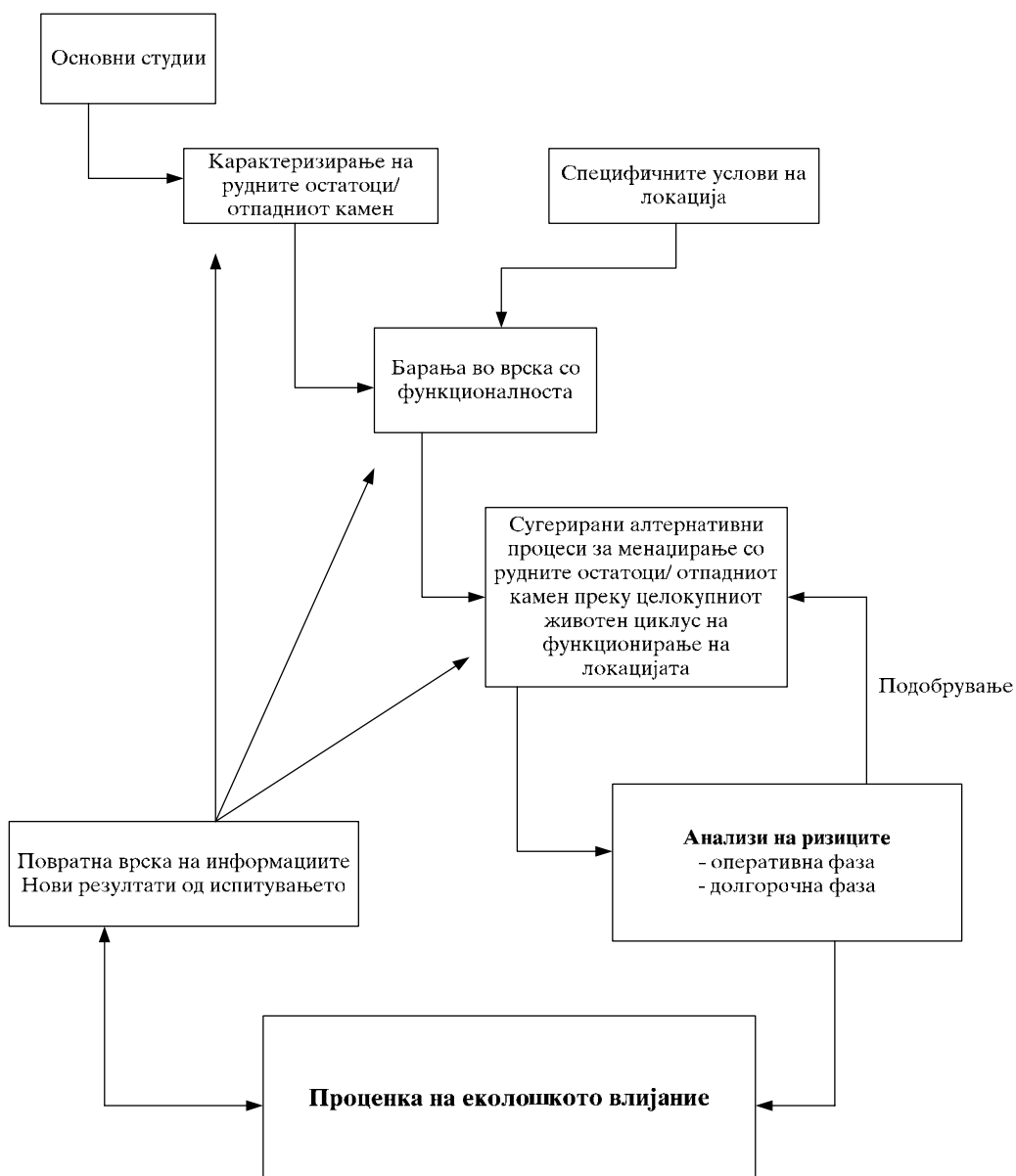
Во оние случаи каде се врши генерирање на повеќе од еден тип на рудни остатоци и отпаден камен, процесот на нивна сепарација која се врши според нивниот тип ја олеснува можноста за било каква нивна понатамошна повторна алтернативна употреба; во секој случај, мешањето на различните типови на рудни остатоци и/или отпаден камен може да се користи како добра опција за еколошки менаџмент, ако на пример, како нивна последица се достигне минимизирање на процесот на киселинска дренажа од рудните карпи.

### **X.3.2 Управување со целокупниот животен циклус на локацијата**

За да се достигне ефективна редукција на ризикот од затварање на локацијата, менаџерот треба целосно да се посвети на адекватната и подетално дефинираната примена на достапните инженерски техники во врска со фазите на дизајнирање, функционирање и затварање на постројката за управување со рудните остатоци, за време на целокупниот животен циклус на локацијата.

#### **X.3.2.1 Дизајн фаза**

За да може да се достигне спроведување на еколошки одговорен менаџмент процес во однос на рудните остатоци и отпадниот камен, треба да се каже дека е значајно да се изврши такво дизајнирање на операцијата која вклучува планирање на процесот на затварање на локацијата уште од самиот почеток на функционирање на локацијата, како и последиците од функционирањето на постројката за управување со рудните остатоци/ постројката за управување со отпадниот камен. На следнава слика бр.9 е илустриран текот на податоците за “дизајнирање на процесот во правец на негово затварање”.



**Слика 9: Илустрирање на информациониот проток за “дизајнирање на процесот на затварање на локацијата”**

Во овој дел треба да се направат соодветни пресметки во однос на фазата на дизајнирање на менаџмент постројката за рудните остатоци или постројката за управување на отпадниот камен. Доколку тие не се наведени на некој друг начин, оваа информација се зема од “Канадскиот водич за менаџмент постројките за рудни остатоци”, “Рамка во која што треба да се движат постапките за управување на рудниот отпад” и проверките на членовите од Техничката работна група.

### **X.3.2.2 Основни еколошки податоци**

Следниве податоци претставуваат збир на податоци кои што треба да се земат во обзир во случај на собирање на основните информации од областа на екологијата за да се употреби при избирање на место, дизајн и начин на функционирање. Овие основни податоци истотака се значајни при конструирањето на планови и програми за еколошки мониторинг. Овие основни информации се значајни за развивање на планови за затварање на локацијата и програми за еколошки мониторинг. Може да се најде поточно прецизирана листа со препораки со помош на кои се врши специфично еколошко проценување.

- постоечките суровини и суровините кои што се употребуваат за пополнување на земјиштето кои се наоѓаат во склоп на постројката за управување со рудните остатоци и во склоп на потенцијалната област на влијание, треба да се идентификуваат и се однос на:
  - употреба на земја и вода:
    - тековна употреба и историска употреба, каде се вклучуваат и рекреационите паркови, населбите, изворите на вода за пиење, археолошки локалитети, рударски активности, активности на фармите, ловењето дивеч, ловењето риба
  - закуп на земјиште:
    - потврда за право на поседување на потребното земјиште за градење на постројката за управување со рудните остатоци/постројка за управување со отпаден камен
    - идентификување на земјопоседништвото и правилата кои се однесуваат на рудата
- основни научни податоци - основните еколошки најпотребни податоци кои се значајни за проект областа во врска со рудните остатоци и кои што треба да се определат, во себе вклучуваат:
  - физички податоци:
    - клима (на пример: температура, ветар, водено таложење, испарување, периодично повратни изливи на вода, случајни одливи, квалитет на воздухот)
    - вода (на пример: хидрологија, нацрт на водените изливи и проточни шеми, теченијата, подземна хидрогеологија и квалитативни карактеристики на подземна вода, површинска вода и квалитет на седиментите)
    - форми на земјиште
    - геологија и геохемија (пример: површински талози (тип, локација, густина, пропустливост), распоред на геолошките слоеви, геоморфологија, минералологија, заднинска елементарна содржина)
    - топографија (пример: регионални и детални топографски мапи, стерео воздушна фотографија, сателитска снимка)

- цврсти супстанции (пример: мострирање на цврстите супстанции и карактеризација)
- природни ризици (слизгање на земјиштето, лавини, сеизмични движења, потенцијал за поплави, замрзнување)
- информации кои што се однесуваат на местата каде што се врши ископување на рудата во близина или под постројката за управување со рудните остатоци/ постројката за управување со отпадниот камен
- биолошки карактеристики:
  - идентификација на екосистемот
  - геолошки преглед (пример: во однос на флората, природните пасишта, фауната, загрозените видови животни)
  - водена површина (флора и фауна која егзистира на дното на езерото, макро - безербетници, риби, водени растенија)
- основни социо - економски податоци кои што се значајни за натпреварувачките проект области за одлежување на рудните остатоци, кои што вклучуваат:
  - историски податоци
  - популација
  - регионална економија (пример: здравје, едукација, култура, демографски податоци)
  - идентификација на социо - економските прашања кои што може да се поткренат од проектите за управување со рудните остатоци.

Основните студии кои што обично претставуваат составен дел од Проценките за Еколошкото влијание.

Со помош на оваа основна постапка за испитување се врши идентификација на количинскиот опсег на суровинските материјали кои се потенцијално загрозени на местото на ископување, и се обезбедуваат податоци кои што ги опишуваат овие суровини. Истотака оваа постапка обезбедува мерки според кои може да се предвиди влијанието на процесите врз животната средина и основни податоци според кои што се расудува во однос на промените во квалитетот на животната средина. Добро изработената студија која што се заснова на основните еколошки податоци истотака обезбедува вредни податоци за понатамошно дизајнирање, распоред и планирање на локацијата.

Треба да се наведе дека содржината на основната студија се востановува во зависност од самиот случај. Како на пример, содржината зависи од типот и скалата на предложената операција. Мерењето на нивото на метал обично може да се каже дека не е значајно за оние ситуации каде што постоечкото железно-метално загадување би било возможно да се контролира уште од самиот почеток.



### **X.3.2.3      Карактеризација на рудните остатоци и отпадниот камен**

Самиот процес на соодветно карактеризирање на рудниот отпад претставува критичен параметар за коректно управување со рудните остатоци и отпадниот камен. Резултатите од процесот на карактеризирање на рудниот отпад вршат понатамошно детерминирање на начинот на управување со рудните остатоци и отпадниот камен за време на оперативниот процес (техника на одлагање, заштитните мерки, и.т.н.) процесот на затварање (барања и техники во однос на затварање на локацијата) и фазата по затварањето (предвидување на долгорочното однесување на локацијата по нејзиното затварање).

Идеалното соодветно окарактеризирање на рудните остатоци и отпадниот камен се врши пред да се започне со функционирањето, а резултатите целосно се инкорпорираат во дизајнирањето на менаџмент постројките и менаџмент плановите. Процесот на карактеризација во себе ги инкорпорира физичките и хемиските карактеристики кои овозможуваат дизајнирање на краткотрајни, средни и долготрајни растворливи својства/ својства кои се предизвикани од атмосферското влијание (испуштање, ослободување на одредени елементи), како и геотехничкото однесување. При изработувањето на оваа студија која обично се креира по одделни фази, во однос на добиените резултати, се користат серија на методолошки постапки кои што според својата комплексност може да се рангираат од прости анализи, па преку пософистицирани експерименти кои се вршат во присуство на влага, до комплексни интерпретациони модели и предвидливи модели.

Наредната фаза на постапката за карактеризација на рудата, отпадниот камен (во случај да овој отпаден камен се користи за конструирање на брани или да се менаџира во склоп на истите постројки за управување со рудните остатоци), рудните остатоци, како и процесот на обработка на рудата се користи за дизајнирање на постројките за управување со рудните остатоци/ и постројките за управување со отпадниот камен:

- карактеризирање на рудата и отпадниот камен:
  - количества на резерви
  - минерологија
  - хемиски својства
  - физички и инженерски својства
  - потенцијал за генерирање на киселината
  - навалжнети загадувачи
  - руда и промена на квалитетот на рудата за време на животниот оперативен циклус на рудникот
  - квантитативни количини на ниско квалитетна руда и руден камен и нивен распоред
  - кинетичко тестирање
  - распределба на големината на зрната
  - хидрологичните својства

- карактеризација на рудните остатоци вклучувајќи го генералниот опис на физичките и хемиските карактеристики, како што се:
  - дневен/ годишен проток на материјал и вкупен квантитет
  - распределба на големината на зрната
  - цврстите и полутечните рудни остатоци, густина на пулпата (% цврсти честици)
  - густина на цврстите честици
  - стабилност/ пластичност
  - хемиски состав на течната фаза
  - потенцијал за генерирање на киселина
  - геохемиски карактеристики (метална содржина, однесување на материјалот при дренажа)
  - вода во порите
  - однесување на материјалот при негово вцврстување
  - кинетичко тестирање
  - минерологија
  - хидролошки својства
- карактеристики на процесот на обработка на рудата:
  - реагенси кои што се користат, нивни концентрации и квантитети
  - барања кои што се однесуваат на процесот на водена рецикулација
  - третман процеси во постројките за обработка на рудата (пример, цијанидно разградување)
  - другите влезни протоци во езерото за одложување на рудните остатоци
  - цевководи, и за нив асоцирани структури
  - потенцијал за пополнување на јамата и/или подземните рудници
  - опсег на постапки за управување со рудните остатоци за површинско пополнување

Процесот на имплементирање на рудните остатоци кој што е доста ефективен во однос на трошоците и техниките за управување со отпадниот камен, има потреба од прецизни претпоставки за однесувањето на остатоците на овие материјали во животната средина. Интернационално се користат многубројни тест процедури и предвидливи постапки кои треба да извршат карактеризација на рудниот отпад и да го проценат потенцијалот за рудните остатоци и отпадниот камен, како и да продуцираат кисели протоци или протоци загадени со метали. Сигурноста на резултатите кои што се добиваат со помош на овие постапки зависи од многубројните значајни хемиски и минеролошки променливи и фактори зависно од кои се врши одлагање на рудниот отпад и целосно стандардизирани техники за карактеризирање на отпадните материјали во рудникот и другите материјали.

За да може да се предвиди можниот квалитет на водениот испуст и протокот на овие карактеризациони резултати кои се комбинираат со значајните податоци од точно одредената локација (т.е. физичките информации кои се

генерирани за студиите базирани врз основните еколошки податоци). При самата интерпретацијата се земаат во обзир различните скалести ефекти помеѓу лабораторијата и теренот. Највообичаено е да се користат компјутеризирани модели за да се превиди однесувањето на различните менаџмент опции.

#### **X.3.2.4 Студии и планови за постројките за управување со рудните остатоци/ постројките за управување со отпадниот камен**

Следните постапки претставуваат збир од студии и планови кои што се развиваат во целокупен план за дизајнирање на тековните менаџмент постројки за рудни остатоци и менаџмент постројки за отпадниот камен. Овој план се развива во смисла на детали до адекватно ниво потребно за секоја фаза (концептуално, прелиминарно дефинираните и детално дизајнираните фази) а потоа се одржува низ функционирањето на локациите и нивното затварање:

- Додатокација за избор на локација
- проценка за влијанието врз животната средина
- проценка на ризикот
- план за итна подготвеност
- план за одложување
- план за воден баланс и менаџмент план, и
- процесот на затварање и планот на затварање.

Содржината на планот, која е погоре наведена ги прикажува минималните барања. Во пракса, при различни случаи постојат дополнителни аспекти кои што треба да се вклучат во оваа содржина.

Погоре наведените делови се подетално елаборирани во понатамошниот текст.

#### **Избор на локацијата**

Менаџерот врши селекција на најдобрата локација и подготовка на Додатоците за да може да се изврши ваквата селекција, при што се дискутира за простудираниите локации кои што требале да се променат и да се отфрлат. Треба да се наведе дека треба да се идентификуваат прашањата, во однос на овој проект, кои се однесуваат на јавното мислење (т.е. во однос на барањата на акционерите). Прашањата во врска со процесот на селекција на локацијата во себе ги вклучуваат:

- еколошките прашања:
  - барањата во врска со третманот на испустите
  - емисиите во површинската вода

- емисиите во подземните води (хидрогеолошка содржина)
  - историска употреба на вододелницата во која се влеваат испустите
  - основните еколошки услови
  - влијанието врз вегетацијата, дивечот и подводниот свет
  - флората и фауната
  - археолошките услови
  - потенцијалните емисии во воздухот
  - естетските прашања
  - конципираниот воден биланс
- прашања во врска со процесот на планирање:
    - пристапност до локацијата (при конструирање на патиштата)
    - растојанието од фабриката за обработка на минералите
    - релативната висина од фабриката за обработка на минералната руда
    - растојанието помеѓу населбите и областите на човечка активност
    - топографијата
    - употреба на земјиштето и суровините
    - земјосопственост и правила во врска со минералната руда
    - растојание од местото на живеење и областите каде има човекова активност
    - топографија
    - употреба на земјиштето и суровините
    - сопствеништво на земјиште и права кои што се однесуваат на минералната руда
    - транспортните коридори, далноводните линии за електрична струја
    - прашањата во врска со обласите каде што се наоѓаат вододелниците и земјената површина
    - волуметарскиот капацитет
    - волуменот на езерото/ опсег на капацитетот за складирање
    - геологијата, каде е вклучено и потенцијалното квантитативно количество на руден материјал
    - пристапноста до конструкциониот материјал
    - состојбата на темелите на браната
    - состојбата на темелите на базенот
    - ризиците поврзани со принципот на надолно течение
    - хидрологијата
    - подземните води, дотурот на загадувачкиот материјал
    - потенцијална област на влијание
    - човечкиот и еколошкиот ризик
    - шемата за управување со водата и прелиминарниот воден биланс
    - оперативниот план
    - планот за одлагање

- прелиминарниот состав и структурите за управување со водата
- проценката на прелиминарните трошоци кои се базираат на прелиминарните услови
- проценката на концептуалниот ризик
- проценката во врска безбедноста и заштитата на здравјето на луѓето
- прашања во однос на растворањето/ рекламацијата:
  - барања за трасирање на процесите на поплавување
  - потенцијал за повторно засадување на вегетација на земјиштето
  - долготрајна физичка и хемиска стабилност
  - ублажување на процесот за да не дојде до константно оштетување на локацијата
  - редукција и/или контрола на киселинската дренажа и другите загадувачи
  - контрола на прашината
  - барања во однос на долготрајното одржување, мониторинг и третман
- прашања во однос на развојот, функционирањето и затварањето на локацијата:
  - капитални трошоци
  - трошоци за транспорт на рудните остатоци
  - трошоци за одржување или функционирање на постројката за рудни остатоци
  - трошоци на затварање
  - трошоци за тон процесирана минерална руда

### **X.3.2.5      Проценка за еколошкото влијание**

За да може да се добие одобрение од некој акционер или пак регулаторна прифатеност за градење на нова менаџмент постројка за рудни остатоци/ менаџмент постројка за отпаден камен, често е потребно да се дефинираат законски барања за спроведување на Проценки за еколошкото влијание (EIA). Во земјите членки на Европската Унија, оценките за еколошкото влијание се регулираат преку Директивата на одборот 97/11/ЕС од 27 јуни 1985 за проценување на ефектите кои се однесуваат на некои јавни или приватни проекти во однос на животната средина. Оваа Директива им дозволува на Земјите членки да одлучуваат по однос на одредени активности дали има или нема потреба од оценки за еколошкото влијание. Во секој случај според Анекс I од Директивите за ископувањето на отворените јами и рудници каде што површината на локацијата ја надминува вредноста 25 хектари, рудниците се обврзани да извршат проценка за нивното еколошко влијание. Во Анекс II од Директивата се наведува дека одлуката во однос на тоа дали треба да се изврши еколошкото влијание на подземните рудници, помалите рудници и отворените јами е до самите Земји членки. Во Анекс IV од Директивата за проценка на еколошкото влијание е опишана

информацијата која што менаџерот треба да ја обезбеди во проценките за еколошкото влијание.

На интернет страната: <http://europa.eu.int/comm/environment/eia/home.htm> се наведени голем број на информации и препораки кои се однесуваат на проценката за еколошкото влијание.

Основните студии го детерминираат начинот на кој што треба да се наведат постоечките услови пред да профункционира новата локација. Тие поради тоа обезбедуваат основа за било какво идентификување и проценка која што може потоа да следи. Детално елборираната основна еколошка студија и проценката за еколошкото влијание обично се дефинира преку содржината на самата проценка спроведена преку дозволениот авторитет. Истоака понекогаш таа се надополнува преку одобрување од страна на другите акционери.

Проценувањето на еколошкото влијание има потреба од познание за начинот на кој што е дизајниран проектот, природното и социјалното опкружување во кое што е тој лоциран, како и потребите на заедницата и акционерите. Во фазата на проценување на еколошкото влијание, постројките за преработка на рудните остатоци се определени како дел од еден поголем, интегриран проект. Следниве податоци, кои што се подолу наведени, претставуваат збир на повеќе значајни аспекти кои се однесуваат на рудните остатоци, и за кои треба да се направи проценка во однос на нивното влијание врз животната средина:

- основни податоци за животната средина
- аспекти на менаџмент постројката за обработка на рудните остатоци
- селектирање на локацијата за обработка на рудни остатоци и отпаден камен, со јасно образложение за ваквиот избор
- концептуално дизајнирање на менаџмент постројката за рудни остатоци и отпаден камен

Проценката за еколошкото влијание на рудникот се однесува на објективното влијание на постројката за обработка на рудните остатоци и/или постројката за обработка на отпадниот камен врз животната средина, вклучувајќи ги:

- физичките влијанија
- описот на животната средина
- климата и можните ефекти за климатски промени
- квалитетот на воздухот
- бучавата
- хидрологијата
- квалитетот на водата
- биолошките влијанија

- водениот свет
- вегетацијата
- археолошките локалитети
- социо - економските влијанија
- влијанието на самата употреба на земјиштето

### **Проценка на ризикот**

Техниките кои што се применуваат се однесуваат на спречување на случајните активности кои што обично се базираат на управување на ризикот. Понатаму, преку исправката направена во Директивата Seveso II, и иницијативата во врска со управувањето на рудниот отпад во екстрактивната индустрија, може во блиска иднина да се направи проценка за ризикот кој што би се јавил како резултат од легалните потреби на некои или пак на сите менаџмент постројки за рудни остатоци и отпаден камен.

Целокупниот план за управување со ризикот во себе треба да ги вклучува испитувањата за индивидуалните ризици на операциите кои што се тесно поврзани со карактеристиките на рудните остатоци и отпадниот камен, физичките и хемиските својства, како и другите клучни својства како што е природата на рудата и сите други нејзини споредни карактеристики. Потоа може да се изврши селектирање на најзначајните методологии кои што се најефективни во однос на трошоците за да се редуцира ризикот од предизвикување на штети до некое прифатливо ниво, во некои одредени случаи. Како што е веќе наведено во Делот 4.2.3.1, постројките за управување со рудните остатоци или постројките за управување со отпадниот камен во некои случаи се калсифицираат, например, според последиците од можното откажување на конструкцијата на браната.

Целокупниот процес за проценување на ризиците во себе не го вклучува само процесот со кој се врши идентификување на изворот на ризиците, туку и проценката за можното откажување на оперативните функции. Од претходната релација може да се заклучи дека проценувањето на ризиците ја дава основата за развивање на менаџмент стратегијата со која се контролира било кој ризик, како и сите последователни планови и процедури за соодветно дејствување во овие ситуации (вклучувајќи ја комуникацијата, случајните дејствија, ублажувањето на последиците и активностите при итни случаи).

Процесот за проценување (и управување) на ризиците треба да се изврши низ секоја фаза од животниот циклус на менаџмент постројката за рудни остатоци/ менаџмент постројката за отпаден камен. Во секој случај, интензитетот на проценка варира за различните фази, зависно од целите на ревизија, комплексноста на најзначаните прашања и големината на достапните информации.

Генералната проценка на ризиците се состои од следните фази:

### **Содржина и цел на проценка**

Во оваа фаза се дефинираат сите составни делови на процесот на проценка на ризиците.

### **Тим за проценување на ризици**

Потребно е да се сотави тим од искусни професионалци кои што би спровеле мултидисциплинарно проценување на ризиците потребно за детерминирање на моделите за потенцијално откажување на процесот, можностите и последиците од било кое откажување на функционирањето на процесот. Тимот обично содржи дизајнер на постројки за управување со рудни остатоци/постројки за управување со отпаден камен, инженер за изведување на конструкционите операции, менаџери, еколошки и менаџмент персонал, и, адекватен специјалист во оние случаи каде што има потреба од детална проценка. За проценување на последиците треба да се формира тим каде што ќе биде вклучен еколошки персонал и соодветни специјалисти, и при тоа треба да се наведе дека во некои случаи во овој тим се вклучуваат и експерти за оценување на здравствената состојба и инженери за проценување на трошоците. Треба да се потенцира дека вклучувањето на овој тим, кој врши проценување на ризиците, претставува критичен односно клучен фактор кај проценување на самото функционирање на менаџмент постројката за рудни остатоци/ менаџмент постројката за отпаден камен, а ваквата одлука се донесува со цел да се инкорпорира нивното знаење и искуство.

### **Критериуми на проценка**

Во оваа фаза од процесот на генерална проценка на ризиците, треба да се развијат соодветни критериуми според кои ќе се координира процесот за проценување на резултатите и ќе се дефинираат соодветни нивоа на прифатлив или неприфатлив ризик. При ваквото дефинирање на критериумите за проценување на ризиците треба да се земе во обзир моделот на однесување кој е претставен преку принципите: висок степен на веројатност за манифестација на потенцијални ризици - висок степен на случаен ризик за откажување на функционирањето на инсталацијата, но истотака треба да се испита и оној модел кој предвидува нискиот степен на веројатност за манифестација на потенцијални ризици - висок степен на случаен ризик за откажување на функционирањето на инсталацијата. Треба да се земат во обзир критериумите кои што се однесуваат на човековата безбедност и заштитата на човековото здравје, како и критериумите кои што се однесуваат на еколошкото влијание на инсталацијата и последиците врз бизнисот (како што се на пример, репутацијата, имотната оштета).

### **Методологија**

Проценувањето на ризикот може да биде квалитативен (субјективните проценки на веројатноста, последиците и целокупниот ризик) или пак квантитативни (бројните вредности за веројатноста и вредности за трошоците предизвикани од последиците). За да може да се изврши проценка



на потенцијалните локации каде што треба да се конструираат менаџмент постројки за обработка на рудни остатоци/ менаџмент постројки за обработка на отпадниот камен се употребува проста квалитативна проценка која е соодветна за спроведување на детална квантитативна проценка која што е посоодветна за предложената главна модификација за постоечката фабрика.

Методите кои обично се применуваат при проценувањето на ризикот во себе вклучуваат:

- процесни/ системски листи за проверка
- модели за дизајнирање на системите
- преглед на критиките
- релативно рангирање
- прелиминарни анализи за детерминирање на опасностите
- анализи за прашањето “што ако”
- студии за опасностите и функционалноста (HAZOP)
- модели кои се однесуваат на дефинирање на опасностите, анализи на ефектите (и критичноста)
- анализи за симулација на веројатноста
- анализирање на грешките кои што најчесто се повторуваат
- анализирање на ситуациите кои што најчесто се повторуваат
- анализите на причините - последиците и анализите на човековата грешка

#### **Потенцијални причинители на штета и начини на откажување на оперативните функции на инсталацијата**

- покривање на браната преку:
  - слизање на земјиштето во резервоарите така што се генерира бран кој ја прекрива браната
  - бранови кои што ја надминуваат висината на браната
  - капацитетот на испуштање или складирање на течноста е надминат кога: откажува системот за одлевање конструиран околу постројката така што водата навлегува во резервоарот, или пак кога откажува системот за максимално дивергирање на потокот и водата повторно навлегува во резервоарот
  - езеро кое му дозволува на протокот да го достигне врвот на браната
  - испуштање на течноста од одливниот дел на езерото за зачувување на висината на браната
  - при блокирање на испусните структури
  - во оние случаи каде што капацитетот на испустите го надминуваат капацитетот за нивно складирање
  - во оние случаи каде што не се одржува водениот баланс

## **X.4 НАЈДОБРИ ДОСТАПНИ ТЕХНИКИ ЗА УПРАВУВАЊЕ НА РУДНИТЕ ОСТАТОЦИ И ОТПАДНИОТ КАМЕН ВО РУДНИТЕ ТЕХНИКИ**

### **X.4.1 Вовед**

За да се разбере овој Додаток и неговата содржина, вниманието на читачите се насочува во предговорот на овој Додаток, поточно во петтиот дел на предговорот каде се поставува главното прашање: “Како да се разбере и употреби овој Додаток”. Техниките и перформанс нивоата кои се претставени во ова Додаток се проценуваат низ процеси кои што може да се повторуваат и кои ги вклучуваат следните чекори:

- идентификување на клучните елементи и ризикот/ безбедносните прашања за секторот
- испитување на техниките кои се најзначајни за објаснување на овие клучни прашања
- идентификување на најдобрите еколошки перформанси, врз база на достапните податоци во Европската Унија и светот
- испитување на условите под кои може да се достигнат ваквите перформанси; например: трошоците, вкрстените медиум ефекти, главната движечка сила вклучена во имплементирањето на овие техники
- селекција на најдобрите достапни техники (НДТ) за овој сектор во генерална смисла.

Експертската проценка на Европската IPPC Bureau и Техничката Работна Група игра значајна улога при дефинирањето на секој од претходно наведените чекори, како и во изборот на начин за соодветно претставување на овие информации.

Врз база на оваа проценка, во ова Додаток се претставени техниките кои се дефинирани како соодветни за овој сектор во целина, а кои во многу случаи ја рефлектираат моменталната состојба на одредени локации од овој сектор. Ако при дефинирањето на техниките се претставени и перформанс нивоата, ваквиот факт треба да се сфати како индикатор дека тие нивоа ја претставуваат животната средина и безбедносните перформанси кои може да се очекува да се појават како резултат од апликацијата, во овој сектор, на опишаните техники, имајќи го во предвид балансот помеѓу трошоците и предностите кои што се значајни за дефинирањето на Најдобрите достапни техники. Кај некои случаи може да биде технички возможно да се достигнат подобри емисиони нивоа или нивоа на потрошувачка, но како резултат на предвидените трошоци овие техники не се сметаат за соодветни да дефинираат како НДТ, за овој сектор во целина. Ваквите нивоа може да се каже дека се дефинираат како оправдани во поспецифичните случаи, каде што претставуваат специјални движечки сили.

Нивоата на емисија и нивоата на потрошувачка асоцирани за самата употреба на Најдобрите достапни техники треба да се разгледуваат односно дефинираат со било кои референтни точно определени услови (например, просечните периоди).

Во оние случаи каде е можно, податоците за предвидените трошоци се даваат заедно со описот на техниките кои се претставени во претходното Додаток. Овие техники вршат груба идентификација на големината на трошоците кои треба овде да се вклучат. Во секој случај, дефинирањето на точните трошоци при примената на техниките во најголема мера ќе зависи од специфичната ситуација во врска со, например, таксите, трошоците, и техничките карактеристики на местото. Во овој Додаток не е можно во целост да се проценат ваквите фактори, кои се специфични за самото место. Заклучоците во врска со економичноста на техниките, во случај на отсуство на потребните податоци за дефинирање на трошоците, се извлекуваат преку набљудување на постоечките локации.

Општите НДТ техники кои се наведени во ова Додаток, претставуваат референтна точка според која се расудува за тековните перформанси на постоечката инсталација или пак според која се цени предлогот за креирање на нова инсталација. На овој начин НДТ техниките асистираат при процесот на детерминирање на соодветни услови кои се “НДТ - базирани” и се однесуваат на конкретната инсталација. Се предвидува дека новите инсталации може да се дизајнираат на таков начин кој би дефинирал нивно функционирање на исто или пак подобро ниво од она ниво кое што е презентирано во овие НДТ техники. Истотака се предвидува дека функционирањето на постоечките инсталации може да се подобри и да се приближи до условите кои се дефинирани од страна на општите НДТ техники или пак ова нивно функционирање да се унапреди дури и до повисоко ниво, при што тоа ќе се спроведува во рамките на техничката или економската применливост на овие техники, за секој случај посебно.

При применување на НДТ техниките, се јавува потреба од изнаоѓање на решенија специфични за одредената локација кои што се однесуваат на фазите на дизајнирање, конструирање, оперативната фаза, фазата која предвидува затворање на локацијата и фазата која што предвидува грижа за локацијата по нејзино затварање, како и константна контрола и мониторинг на процесот за управување со рудните остатоци и отпадниот камен. Овие решенија при применување на НДТ техниките се должат на различните типови на минерали, рударски техники и достапни техники за обработка на минералите, како и различните геолошки, геотехнички, хидрогеолошки и морфолошки услови кои што се јавуваат при различните случаи во рударската индустрија и кај различните локации.

Кога во Додатокот не е точно прецизирано дека наведените стандарди всушност претставуваат законско обврзувачки стандарди, треба да се

обезбедат соодветни информации дефинирани како препораки кои би важеле за овој сектор од индустријата, Земјите Членки и јавноста. Тие треба да се однесуваат на: перформансите, емисиони нивоа, и нивоа на потрошувачка кои што треба да се достигнат при користењето на овие техники.

За да се дефинира начинот на управувањето со рудните остатоци и отпадниот камен, треба да се донесат одлуки кои што ќе бидат во согласност со Најдобрите достапни техники и ќе се базираат врз:

- еколошките перформанси
- постоечките ризици
- економичноста

Поточно, разгледувањето на ризиците претставува многу специфичен фактор и се однесува на самата локација.

#### **X.4.2 Различни гранки на рударската индустрија**

НДТ се однесуваат на:

1. применување на општите принципи
2. примена на начинот на управување со индустрискиот циклус

Управувањето на индустрискиот циклус во себе ги вклучува сите процеси и фази кои се вклучени во циклусот на индустриската рудна локација, и тоа:

- 1. Фазата на дизајнирање**
  - основните еколошки карактеристики
  - карактеризирање на рудните остатоци и отпадниот камен
  - Студии и планови за постројките за управување со рудните остатоци кои ги вклучуваат следните чекори:
    - процесот на селекција на локацијата
    - проценка на еколошкото влијание
    - проценка на ризиците
    - планирање на безбедносни активности при итни случаи
    - планирање на процесот на одлагање на рудните остатоци
    - планирање на процесот на управување и водениот биланс
    - планирање на процесот на затварање на инсталацијата
  - Постројки за управување со рудните остатоци и асоцирани структурни дизајни
  - контрола и мониторинг
- 2. Фаза на конструирање**
- 3. Оперативна фаза составена од елементите:**
  - OSM прирачници
  - проверки

**4. фаза на затворање и фаза на грижа за локацијата по затворањето на инсталацијата каде се вклучени елементите:**

- долгорочни цели во правец на затворање на инсталацијата
- прашања во врска со специфичниот начин на затворање на инсталацијата во однос на:
  - куповите
  - базените, вклучувајќи:
    - базени потопени со вода
    - базени од кои што се извлекува водата
    - постројки за управување со водата

Потоа, во НДТ се вклучени и постапките за:

- редукација на потрошувачката на реагенси
- заштита од водена ерозија
- заштита од процесот на опрашување
- спроведување на водениот биланс и употреба на резултатите за развивање на план според кој ќе врши управувањето со водата
- мониторинг на подземните води кои што се наоѓаат околу сите области каде што се лоцирани количествата на рудни остатоци и отпаден камен

**X.4.3 Управување со процесот на киселинска дренажа од рудните карпи**

Процесот на карактеризација на рудните остатоци и отпадниот камен во комбинација во себе го вклучува одредувањето на потенцијалот на рудните остатоци и отпадниот камен за продуцирање на киселина. Ако се утврди постоење на ваков потенцијал, односно потенцијал за креирање на киселина од страна на рудните остатоци и рудните карпи, Најдобрите достапни техники во преден план го разгледуваат генерирањето на киселинската дренажа, така што во случај да не може да се спречи оваа појава се врши контрола на нејзиното влијание или пак се применуваат опциите кои обезбедуваат третирање на оваа појава. Често се користи комбинација на овие две решенија.

Сите опции на заштита, контрола и третман може да се применат кај веќе постоечките инсталации, и кај новите инсталации. Во секој случај, најдобрите резултати во врска со процесот на затворање на инсталацијата ќе се добијат кога фабриките ќе се развијат во однос на појдовната точка на затворањето на инсталацијата (фазата на нејзино дизајнирање) и нејзино функционирање (филозофијата за целиот работен век на инсталацијата).

Применливоста на опциите во главно зависи од тековните услови кај локацијата на која што се наоѓа инсталацијата.

Применливоста на опциите во главно зависи од условите на локацијата. Факторите како:

- водениот биланс
- достапноста на можниот покривен материјал
- ниво на подземната вода

#### **X.4.4 Емисии во вода**

Најдобрите достапни техники всушност укажуваат на:

- повторна употреба на процесната вода
- мешање на процесната вода со другите ефлуенти кои што содржат растворени метали
- конструирање на сединентациони базени за да се колектираат еродираните честици
- отстранување на суспендираните цврсти честици и растворените метали пред испуштањето на индустискиот испуст во водениот реципиент
- неутрализација на алкалните испусти со сулфурна киселина или јаглороден диоксид
- отстранувањето на арсенот од рударските испусти преку додавање на соли на железото

Следните наведени техники претставуваат Најдобри достапни техники за третирање на киселински испусти

- активни третмани:
  - додавање на варовник (калциум карбонат), хидратизиран варовник или гасена вар
  - додавање на каустична сода за процесите на киселинска дренажа со висока содржина на манган
- пасивен третман:
  - конструирање на влажни површини
  - отворени испусти кај каналите за варовник/ неоксидираните испусти на варовник
  - бунари за различно насочување на испустите

Системите за пасивен третман на испустите претставуваат долготрајни решенија кои се применуваат по затварањето на локацијата, но само во оние случаи каде што се користат како финални чекори комбинирани со други (превентивни) мерки.

#### **X.4.5 Емисии на бучава**

Најдобрите достапни техники кои се однесуваат на емисиите на бучава всушност вклучуваат

- континуирана употреба на работните системи (пример, транспортни појаси, систем од цевки)
- поклопени односно затворени транспортни појаси кои што се движат во областите каде што бучавата претставува локален прашање
- прво треба да се креира надворешен наклон од купот материјал, а потоа да се креира пат помеѓу двата наклони на куповите за да може да се контролира проточната брзина (фреквентноста) и работни клупи во што е можно додлабоката внатрешност на куповите.

#### **X.4.6 Дизајн на браните**

Како надополнување на мерките, при фазата на **дизајнирање** на брана од **рудните остатоци**, Најдобрите достапни техники се објаснети така да вклучуваат:

- употреба на техника која што заштитува од поплавување во период од стогодини и претставува начин за креирање односно зголемување на капацитетот на ургентните испусти за оние брани кои се карактеризираат со повисок степен на безбедност
- употреба на техника која што заштитува од поплавување во период од 5000 - 10000 години за зголемување на капацитетот на ургентните испусти за оние брани кои се карактеризираат со висок степен на ризик.

#### **X.4.7 Конструирање на брани**

Како надополнување на мерките при фазата на **конструирање** на брана од **рудните остатоци**, Најдобрите достапни техники се објаснети така да вклучуваат:

- се извлекува природното земјиште кое што се наоѓа под браната од рудни остатоци кај сите почви каде што има вегетација и оние почви кои што содржат хумус
- се избира конструкционен материјал кој што е подобен за таа намена и кој што нема да потклекне под било какви оперативни или климатски услови

#### **X.4.8 Грижа за правилна конструкција на браната**

Како надополнување на мерките, при фазата на **конструирање** и **функционирање** на браната од **рудните остатоци**, Најдобрите достапни техники се објаснети така што вклучуваат:

- проценување на ризикот при премногу висок притисок во порите и мониторинг на овој притисок пред и за време на секое зголемување на вредноста на притисокот.
- употреба на конвенционални типови на брани, под следниве услови, каде:
  - постои многу низок сеизмичен притисок
  - остатоците се користат за конструирање на брани: најмалку 40 - 60% од материјалот каде честиците имаат големина измеѓу 0.075 и 4mm во целокупната количина на рудни остатоци (тоа не се однесува на вцврснатите рудни остатоци)
- употреба на методот на надолно течение за конструирање на браните, под следните услови, каде што:
  - пристап до доволно потребно количество на конструкционен материјал (на пример, рудни остатоци или отпаден камен)
- употреба на централно линиски метод за конструирање под следниве услови, односно во услови каде:
  - сеизмичниот ризик е мал.

#### **X.4.9 Функционирање на браната**

Како надополнување на мерките, при фазата на **конструирање** на браната составена од **рудните остатоци**, Најдобрите достапни техники се објаснети така што вклучуваат:

- мониторинг стабилност, која е подетално објаснета подолу во текстот
- во случај на потешкотии, се обезбедува начин на дивергирање на било кој испуст кој се влева во езерото така што тој треба да биде што подалеку од езерото
- се обезбедуваат други алтернативни постројки за артикулирање на испустите, по можност се врши испуштање во други базени
- се обезбедуваат други секундарни постројки за таложење на цврстите честици и/или пумпа наменета за итни случаи која се ноѓа во состојба на готовност, и се употребува само во случај да нивото на слободна вода го надминува она ниво кое е претходно детерминирано како минимално ниво
- мерење на подемото движење со мерни инструменти за длабинско мерење кои што ја утврдуваат состојбата на порите
- обезбедување на адекватен испуст
- чување на податоците во врска со дизајнот и конструкцијата при било какви тековни надополнувања и имени
- чување на прирачник во врска со безбедноста на браната, во комбинација со независните проверки
- едуцирање и обезбедување на адекватни обуки на персоналот



#### **X.4.10        Отстранување на слободната вода од езерото)**

Најдобрите достапни техники кои го објаснуваат отстранувањето на водата од езерото во себе вклучуваат:

- користење на начин кој предвидува истекување на водата во земјата, и се употребува кај природните базени (долините) и она количество на вода која се прелева надвор од долините
- употреба на кула за таложење:
  - при ладни климатски услови треба да има позитивен воден биланс
  - базени од типот кој се применува кај исталоталожените купишта на земја
- употреба на базен за таложење:
  - во топли климатски услови со негативен воден биланс
  - базени од типот кој се применува кај исталоталожените купишта на земја
  - во случај да треба да се одржи високо ниво на функционалност

#### **X.4.11        Отстранување на слободната вода од рудните остатоци**

Изборот на метода која што е најсоодветна за отстранувањето на водата (од калливите, вцврснатите или сувите талози од рудни остатоци) кој што зависи во главно од проценката на следниве три фактори:

- трошоците
- еколошките перформанси
- ризик од откажување на системот

За управување на рудните остатоци, Најдобрите достапни техники вклучуваат:

- управување со сувите рудни остатоци
- управување со вцврснатите рудни остатоци или
- управување со калливите рудни остатоци

Постојат повеќе различни фактори кои влијаат врз изборот на соодветните техники за одредено место. Некои од овие фактори се:

- минерологија на рудата
- вредност на рудата
- распределба на големината на честичките
- достапност на процесната вода
- климатските услови
- простор за управување на рудните остатоци.

#### **X.4.12      Функционирање на постројката со која се менаџираат рудните остатоци и отпадниот камен**

Како надополнување на мерките, за **оперативната фаза на постројката за управување со рудните остатоци и отпадниот камен**, Најдобрите достапни техники во себе вклучуваат:

- мониторинг на базенот/ браната каде се складираат рудните остатоци) во однос на:
  - нивото на водата
  - квалитетот и кванитетот на дотурниот проточен материјал низ браната
  - притисокот врз порите
  - движењето на врвот на браната и рудните остатоци
  - сеизмичност, да се прегледа и обезбеди стабилноста на браната и потпорните слоеви
  - динамичниот притисок врз порите и втечнувањето
  - механизацијата за ракување со почвата
  - процедури за положување на рудните остатоци
- мониторирање на внатрешноста на купот
  - геометрија на клупа/ падина
  - притисок врз порите
- исто така треба да се наведат следниве операции:
  - во случај да постои конструирано езеро/ брана за складирање на рудни остатоци треба да се вршат:
    - визуелни инспекции
    - годишни прегледи
    - независни проверки
    - проценки во врска со безбедноста на постоечките брани (SEED)
  - во случај да се креирани купови од рудни остатоци треба да се вршат:
    - визуелни инспекции
    - геотехнички прегледи
    - независни геотехнички проверки

#### **X.4.13      Намалување на последиците при хаварии**

Најдобрите достапни техники кои се однесуваат на намалувањето на последиците при случување на хаварија, во себе вклучуваат:

- планирање на активностите при итни случаи
- соодветно проценување на последователните ситуации кои би резултирале како последица од ваквите итни ситуации при хаварија
- мониторинг на цевководите

#### **X.4.14      Редуцирање на антропогеното влијание иницирано од човековата активност**

Најдобрите достапни техники кои се однесуваат на оваа појава во себе ги вклучуваат следните мерки:

- во случај да е тоа можно, треба да се спречи и/или да се редуцира генерирањето на рудни остатоци/ отпаден камен
- пополнување на јамата каде се складираат рудните остатоци се одвива под следните услови:
  - каде што има потреба од пополнување на јамите, односно во оние случаи каде што оваа постапка е дел од процесот ископување на рудата
  - каде што има дополнителните трошоци за ова пополнување на јамите, така што во најмала рака тие се компензираат преку извлекување на поголемо количество на повторно добиени рудни остатоци
  - при оние рударски прицеси каде што ископувањето се врши во отворени јами и каде што може лесно да се изврши обезводнување на рудните остатоци (т.е. со постапки на испарување или дренажа, филтрација) така што заради ваквите причини може да се избегне и употребата на постројките за управување со рудните остатоци односно да се изврши редуцирање на овие рудни остатоци до помала големина на честичите
  - кога се употребуваат блиските веќе ископани отворени јами за пополнување со рудни остатоци
- јамите се пополнуваат со рудни остатоци кои се во форма на каша, ако се веќе реализирани условите за примена на материјалот за пополнување на јамите и ако:
  - постои потреба од компетентен начин за пополнување на јамите
  - рудните остатоци се фино иситнети така што е потребно мало количество на материјал за хидрауличко пополнување на јамите. Во овој случај, ако се изврши складирање на голема количина на фино иситнет материјал во езерото тогаш тој ќе се обезводнува многу споро.
  - постојат случаи каде водата е пожелно да се чува надвор од рудникот или пак во оние случаи каде што е скапо да се врши пумпање на водата која се цеди од рудните остатоци (т.е. да се врши пумпање на водата преку голема далечина)
- исполнување на јамата со отпаден камен, кое што се врши под следните услови:
  - може да се врши во подземениот рудник
  - во еден или повеќе ископани отворени јами кои што се лоцирани на блиско меѓусебно растојание (тоа понекогаш се нарекува ”трансфер ископување”)

- кај рударските операции при ископите во отворените јами кои се одвиваат на таков начин што овозможува пополнување на јамата со отпаден камен без да се сперчи на самата операција на ископување
- испитување на можните начини на употреба на рудните остатоци и отпадниот камен

#### **X.4.15      Затворање и грижа по затварањето на постројката**

Како надополнување на мерките, за **фазата на затворање и грижата по затварањето на постројката за управување со рудните остатоци и отпадниот камен**, Најдобрите достапни техники во себе вклучуваат:

- развој на планови за затворање и грижа по затварањето на постројката при фазата на планирање, каде што се вклучени и проценките за трошоците, како и нивно последователно тековно изменување и надополнување. Во секој случај, барањата за рехабилитација на менаџмент постројката се развиваат и дефинираат преку целокупниот временски период на функционирање на постројката и тие може први до детали да се прецизираат во крајната фаза на затворање на постројката за управување со рудните остатоци.
- применување на факторот на безбедност кој за браните и куповите од рудни остатоци по постапката на затворање на локацијата има најмала бројна вредност од 1.3, иако постои поделено гледиште во однос на начините на затворање на локацијата кои предвидуваат нивно преливање со вода.

При фазата на затворање на постројката и фазата по затварањето на езерото за таложење на рудните остатоци, Најдобрите достапни техники го дефинираат делот што се однесува на начинот на конструирање на браните кој треба да обезбеди нивна стабилност за подолг временски период во случај да за затворање на локацијата се избира начин кој предвидува потопување на локацијата со вода.