



Uppdrag 41710
Diarienummer
TRV 2017/115461
Tester av sulfidjord i stor skala

2018-12-07

PM – Tester av sulfidjord i stor skala

Projektbenämning: Metodik för stabilisering utomhus i verkliga förhållanden av sulfidjord

Projektbeskrivning

MTC har för Trafikverkets räkning behandlat sulfat- och sulfidjord i fullskaleförsök med elfilterstoft vid MTC testanläggning. Syftet med försöken var att utröna möjligheten att stabilisera och/eller neutralisera den svavelhaltiga jorden med målet att den kan återanvändas i anläggningsändamål i eller utanför Trafikverkets verksamheter och projekt. En fördel med elfilterstoft är att det är en helt torr fraktion som är enkel att blanda in i andra massor. Elfiterstoft ska inte likställas med Mesakalk, vilket är en blöt fraktion med andra geotekniska egenskaper.

Bakgrund

Svavelhaltiga sedimentjordar (i denna rapport benämnda som "sulfidjord") är en naturligt förekommande jordart som finns längs landhöjningskusten runt den Bottniska viken. Sulfidjord har låg hållfasthet, hög surhetsgrad och vid kontakt med luftens syre oxiderar jorden vilket bildar surt lakvatten varvid tungmetaller kan lakas ut. Så länge sulfidjordar befinner sig i den mättade zonen (under grundvattennivå) är de stabila och har ingen påverkan på den omgivande miljön. I en sulfidjord i den mättade zonen är det anaeroba, reducerande förhållanden och $\text{pH} > 7$. Om sulfidjord exponeras för luftens syre, t.ex. i den omättade zonen (ovan grundvattennivå) eller när jorden grävs upp så oxiderar sulfidmineralen till sulfat. Då sjunker jordens pH-värde till under pH 6 (potentiellt $\text{pH} < 4$) och den jord som då bildas kallas för sur sulfatjord. De sura förhållandena frigör metaller och svavel från jorden, och lakvatten från sur sulfatjord kan även frigöra metaller från omkringliggande jordar. De urlakade ämnena och den sura miljön kan försvåra växtetablering och inverka negativt på vattenkvaliteten i recipient. Detta har lett till att sulfidjordar måste hanteras särskilt om de påträffas vid t.ex. infrastrukturprojekt.

Metod

Stabilisering av sulfidjord och sur sulfatjord med kalk eller annat basiskt buffrande material är en vanlig behandlingsmetod som standardiserats bl.a. i Australien¹. Vid stabilisering med kalk eller annat basiskt buffrande material upphävs jordens surgörande potential genom tillsats av kalciumhydroxid ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), kalciumkarbonat (CaCO_3) eller annat neutraliserande material. Det viktigaste funktionskravet vid stabilisering med kalk eller annat basiskt buffrande material är att basiskt buffrande material tillsätts i tillräckligt stor grad för att neutralisera existerande surhet, potentiell framtida surhet samt kompenserar för att allt buffrande material inte reagerar. Vanligtvis förespråkas jordbrukskalk (CaCO_3), men andra CO_3 -rika material kan också användas om de anses ge likvärd buffrande effekt samt anses miljösäkra. Elfilterstof från pappers- och massabruk är ett exempel på en möjlig alternativ buffrande produkt. Det buffrande materialet ska vara finmalt och torrt för att underlätta inblandning i jorden. Grovt kalkmaterial ska undvikas då reaktionsprodukter (oxider, etc) kan bildas på ytan av kornen vilket medför lägre effektivitet.

Utförande

Cirka 400 ton jord transporterades från TRVs fastighet Umeå Röbbäck 11:22 till MTC där elfilterstof blandades in i jorden med Allu-skopa (sikt- och krosskopa), vilket resulterade i en koncentration på cirka 10-15% (helt homogen inblandning kunde inte uppnås).



¹ I Australien har en handledning för hantering av sur sulfatjord tagits fram av Dear et al, 2002. Metoden ligger till grund för flera riktlinjer, bl.a. riktlinjer från Department of Environment Regulation, Government of Western Australia.

En anpassad testyta konstruerades genom att det på en asfalterad yta anlades vallar (ca 0,2 - 0,3 m) av flis runt en yta motsvarande ca 170 m². Ytan konstruerades med en tydlig lågpunkt i ett hörn för uppsamling av lakvatten från den behandlade jorden. Därefter placerades en HPDE-liner ovanpå ytan som en tät botten. Därefter placerades den blandade sulfidjorden ovanpå testytan. Utformning av sulfidjorden gjordes i limpa med släntlutning 1:2 åt två håll. Vinkel på limpan ger slänter i 4 väderstreck.



Jordens beskaffenhet övervakades av MTC's personal och vattenprover togs en gång i veckan under fem månader. Vattenproverna skickades till labb för analys av pH och metallinnehåll. I och med att sommaren 2018 var ovanligt torr fanns det periodvis inget vatten att ta prover ur.

Efter att sista vattenprovet tagits togs ett jordprov på cirka två kilo jord från två ställen i omkring mitten av sulfidjordshögen, en bit ner under den lite torrare yta som bildats under sommaren. Detta jordprov skickades till MRM Konsult AB för bestämning av surgörande potential och försurningseffekt. Resultatet från MRM Konsult AB's lagningsförsök presenteras i en rapport, se Bilaga 1: Rapport, Försurningspotential, MRM Konsult AB.

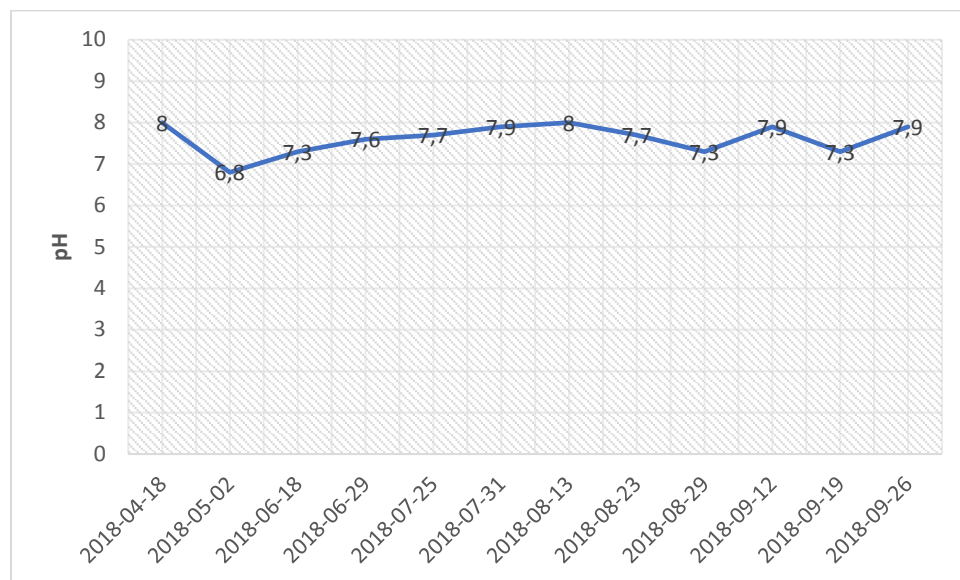
Resultat

Analysvärdena för de tagna proverna samt kommentar vid provtagning redovisas i Tabell 1. Variationen av pH under provtagningstiden redovisas i Graf 1.

Tabell 1. Resultat av pH mätning, vattentemperatur vid pH-mätning, järnhalt, svavelhalt, samt kommentarer vid provtagning.

| Datum | pH | Temperatur vid pH-mätning (°C) | Järn (Fe) (uppslutet, mg/l) | Svavel (S) (uppslutet, mg/l) | Kommentar |
|-----------------|---------------|--------------------------------|-----------------------------|------------------------------|-------------------------------------|
| 2018-04-18 | 8 | 22 | 1,1 | 130 | Smält vatten |
| 2018-05-02 | 6,8 | 21,9 | 1,6 | 150 | Regn och lakvatten |
| 2018-05-09 | -- | -- | -- | -- | Ingen vatten, torrt |
| 2018-05-15 | -- | -- | -- | -- | Ingen vatten, torrt |
| 2018-05-23 | -- | -- | -- | -- | Ingen vatten, torrt |
| 2018-05-30 | -- | -- | -- | -- | Ingen vatten, torrt |
| 2018-06-05 | -- | -- | -- | -- | Ingen vatten, torrt |
| 2018-06-13 | -- | -- | -- | -- | Ingen vatten, torrt |
| 2018-06-18 | 7,3 , MTC:6,2 | 21,1, MTC:20 | 42 | 500 | Regnvatten |
| 2018-06-29 | 7,6, MTC:7,93 | 22,6, MTC : 18 | 5,2 | 430 | Regnvatten |
| 2018-07-04 | -- | -- | -- | -- | Ingen vatten, torrt |
| 2018-07-11 | -- | -- | -- | -- | Ingen vatten, torrt |
| 2018-07-18 | -- | -- | -- | -- | Ingen vatten, torrt |
| 2018-07-25 | 7,7 | 21,2 | 7,7 | 620 | Regnvatten |
| 2018-07-31 | 7,9 | 21,6 | 0,96 | 280 | Regnvatten |
| 2018-08-08 | -- | -- | -- | -- | Ingen vatten, torrt |
| 2018-08-13 | 8 | 22 | 1,1 | 76 | Regnvatten |
| 2018-08-23 | 7,7 | 22,4 | 2,6 | 710 | Regnvatten* |
| 2018-08-29 | 7,3 | 22,4 | 1,2 | 46 | Regnvatten med fågelfjäder/avföring |
| 2018-09-05 | -- | -- | -- | -- | Ingen vatten, torrt! |
| 2018-09-12 | 7,9 | 21,7 | 49 | 350 | Lite vatten, nästintill lera |
| 2018-09-19 | 7,3 | 22,5 | 2 | 120 | Lite vatten, provtog på två hörn |
| 2018-09-26 | 7,9 | 22,5 | 6,2 | 66 | Regnvatten |
| 2018-10-03 & 04 | -- | -- | -- | -- | Frusen |

*.Tagit i vänster hörn i stället för höger för att få ihop ett prov, annars torr.



Graf 1. Mätning av pH i utgående vatten från sulfidjord som stabiliserats med elfilterstoff (kalk). pH variationen under provtagningsperioden.

Från Tabell 1 och Graf 1 går det att utläsa att pH var relativt stabilt under hela försöksperioden. Den mängd järn och svavel som lakade ut varierade men utan synbar korrelation mellan ämnena. Utlakad svavel bedöms i huvudsak föreligga som sulfat. Gränsvärdet för sulfat i dricksvatten är 100 mg/l, vilket är det tekniska gränsvärdet för när sulfat kan ge upphov till korrosion på tex. rörledningar samt betong. De insamlade proverna motsvarar små mängder lak- och regnvatten. I ett normalt scenario där massorna lagts upp utan uppsamlade invallning hade det skett en direkt utspädning genom annat regn- grund- eller ytvatten. Ur ett miljöperspektiv med normal utspädning så bedöms den utgående mängden sulfat inte innebära risk för hälsa eller miljö.

Slutsats

Den låga variationen av uppmätta pH-värden som redovisas över de 5 månaderna indikerar att ingen betydande försurande effekt kunde noteras från den stabiliserade jorden under den tiden som experimentet pågick. Resultaten från lagningsförsöken som utfördes av MRM Konsult visar att ”Provet bedöms enligt bedömning ett (Tabell 3) ha en låg risk för försurning på kort sikt och en låg risk för försurning på lång sikt. Bedömning enligt Trafikverkets modell (Figur 2) indikerar att provet har en mycket hög försurningspotential och en låg försurningseffekt”, se Bilaga 1: Rapport, Försurningspotential, MRM Konsult AB. Detta resultat stämmer väl överens med resultaten av de lagningsförsök som MTC utförde på liknande sätt i labb innan det storskaliga lagningsförsöket startades utomhus. Sammantaget bedöms de stabiliserade massorna var säkra att använda ur ett försurningsperspektiv.

Testet designades och genomfördes av Magnus Bergknut, Janique Bédard Olsson och Erik Rosenbaum på MTC.

Referenser

- I. Vägverket, Råd och rekommendationer för hantering av sulfidjordsmassor, VV, publ 2007:100.

DATUM:
2018-10-29

KUND:
MTC - MILJÖTEKNISKT CENTRUM AB

ANALYS AV FÖRSURNINGSPOTENTIAL

JORDPROV, TRV

MRM Konsult AB
Gammelstadsv. 5D
972 41 Luleå
Tel. 0920-604 60
www.mrm.se
Orgnr: 556263-5077

MRM
mark radon miljö

Inledning

Sulfidjord som läggs aerobt ovan grundvattenytan kommer att utsättas för uttorkning varvid torksprickor uppstår. Vid nederbörd kommer vatten att strömma ned i sprickorna och rinna av från jorden. I viss mån kommer nederbörd att infiltreras i underliggande material eller tas upp av den uttorkade jorden. Detta lakförsök är utformat för att efterlikna detta naturliga förlopp och bedöma jordens försurningspotential samt försurningseffekt.

Metod

Lakförsöket utförs enligt MRM:s egen metod som beskrivs i princip i *Råd och rekommendationer för hantering av sulfidjordsmassor* (Pousette 2007). Lakförsöket utförs i två delar. Dels utförs ett anaerobt laksteg på färskt provmaterial för att bedöma in-situ-förhållanden och dels utförs aerob lakning i flera steg (vanligtvis 10 steg). Vid varje laksteg mäts pH och konduktivitet och mellan lakstegen torkas proven i ugn på 105°C.

Bedömningen av lakförsökens resultat utvärderas enligt två modeller, dels en modell som är framtagen av MRM (Tabell 3), och dels enligt en modell som förordas av Trafikverket (Figur 2). Dessa två bedömningsmodeller visar inte nödvändigtvis på helt samstämmiga slutsatser de beaktar delvis något olika parametrar. I den slutliga bedömningen vägs även andra parametrar in som till exempel organiskt innehåll och pH-kurvans utveckling.

Utöver lakningen bestäms provens vattenkvot och glödningsförlust, proven okulärbedöms och ett torkat delprov skickas till ett ackrediterat laboratorium för analys av järn och svavelinnehåll.

Allmän karaktärisering

Provet har undersökts för att bedöma dess försurningspotential och försurningseffekt. Provet har okulärt bedömts som lerig sulfidjordshaltig silt, se Tabell 1.

Tabell 1: Vattenkvot och glödningsförlust i undersökt material.

| Prov | Benämning | Vattenkvot % | Glödningsförlust % |
|------|-----------|-----------------|-----------------------|
| TRV | clsuSi | 39,5 | 7,6 |

Provet har analyserats på sitt innehåll av Fe och S (Tabell 2).

Tabell 2: Järn, svavel, Fe/S-kvot samt pH.

| Prov | Fe (mg/kg TS) | S (mg/kg TS) | Fe/S | pH _{anaerob} |
|------|------------------|-----------------|------|-----------------------|
| TRV | 19200 | 12100 | 1,6 | 7,5 |

Provet har ett järninnehåll på ca 1,9 % samt ett svavelinnehåll på ca 1,2 %. En låg Fe/S-kvot (under ca 3) är en första indikation på att mycket hög försurningspotential föreligger, medan höga värden (över ca 60) tyder på en låg försurningspotential. Även det totala innehållet av svavel (eg. järnsulfid) styr försurningspotentialen. Vid anaerob lakning av sulfidjord som inte är syrepåverkad ligger pH-värdet normalt mellan 6,5 och

drygt 8. Provet har ett pH-värde som indikerar att försurningsprocessen inte har påbörjats.

Försöksresultat och bedömning

I Tabell 3 nedan redovisas resultat enligt en av modellerna för försurningsbedömning.

Tabell 3: Förenklad bedömningsmodell för försurning.

| Sektion | Djup, m | Klassificering | Fe, mg/kg | S, mg/kg | Fe/S | pH, anaerob | pH laksteg 4 | pH, min | Försurn. kort sikt | Försurn. lång sikt |
|---------|---------|----------------|-----------|----------|------|-------------|--------------|---------|--------------------|--------------------|
| TRV | | clsuSi | 19200 | 12100 | 1,6 | 7,5 | 6,7 | 6,0 | låg | låg |

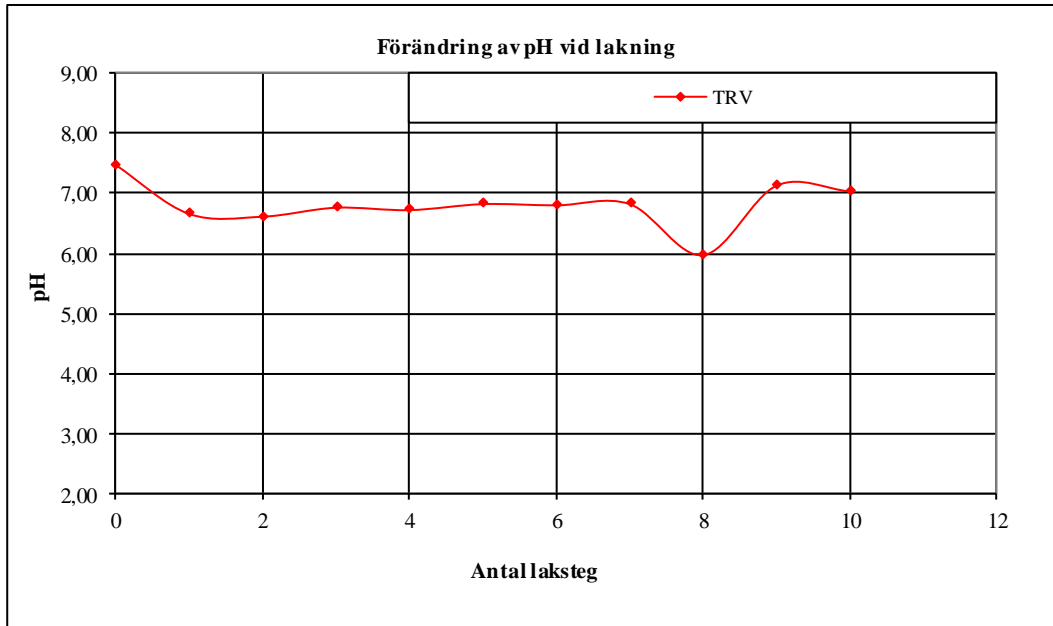
| S | Fe/S |
|------------|------|
| >10000 | <3 |
| 5000-10000 | ? |
| 600-5000 | ? |
| <600 | >60 |

| pH |
|-----|
| <3 |
| 3-4 |
| 4-5 |
| >5 |

| Försurn. kort sikt | Försurn. lång sikt |
|--------------------|--------------------|
| mycket hög | mycket hög |
| hög | hög |
| måttlig | måttlig |
| låg | låg |

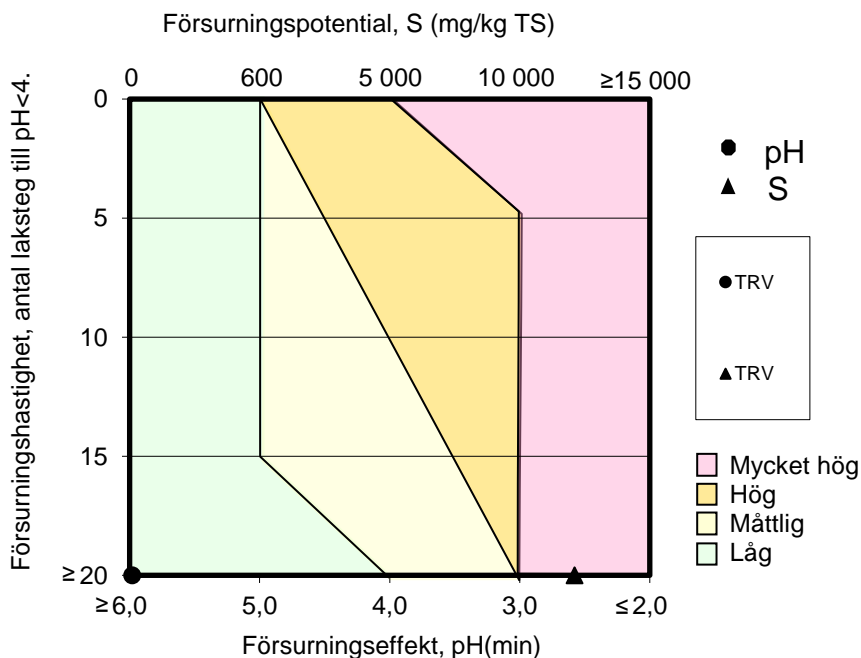
I den europeiska lagningsstandarden för karaktärisering av avfall motsvaras *mycket lång tid* av ett L/S-förhållande på 10. Detta lagningsförsök ger upphov till ett L/S-förhållande på omkring 15-20 på kort tid genom att materialet är finfördelat och kontakten kan ske mellan vattenvolymen och hela jordprovet. Mycket tyder dock på att L/S-kvoten inte är styrande för försurningsförloppet och att antalet laksteg istället är avgörande.

I Figur 1 redovisas uppmätta pH-värden för 10 aeroba laksteg. I vanliga fall sjunker pH-värdet markant med varje laksteg, oftast från ett pH-värde av 7-8. pH-värdet i det aktuella provet sjunker något efter det första anaeroba laksteget och ligger sedan stabilt under hela lakprocessen, förutom vid laksteg åtta då pH-värdet sjunker tillfälligt för att sedan återgå till en stabil nivå igen.



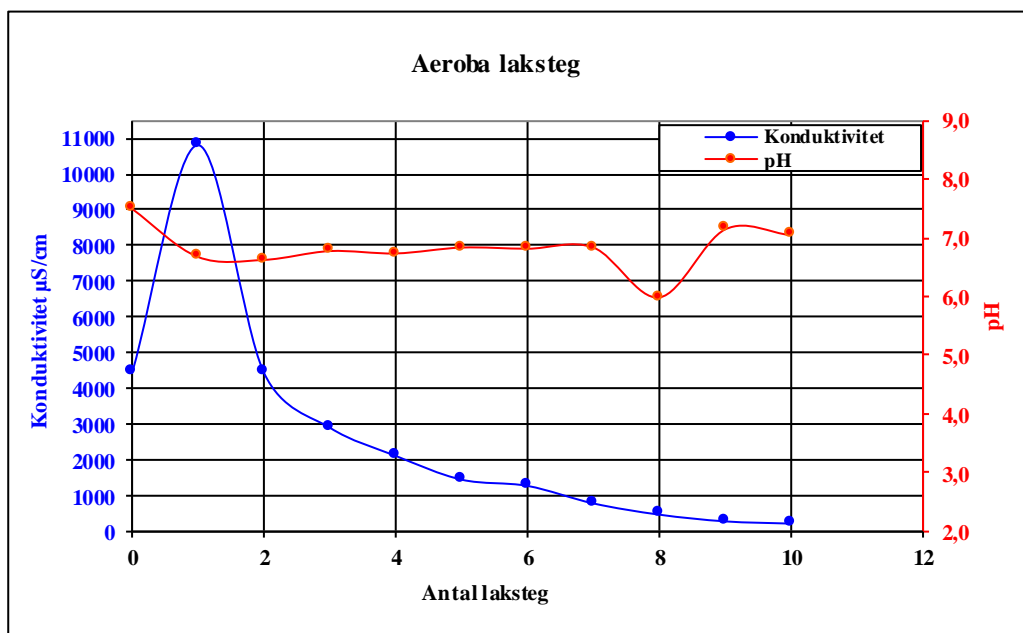
Figur 1: pH-ändring vid lakning i totalt 10 aeroba steg för prov TRV.

I Figur 2 nedan redovisas i diagramform en annan modell att bedöma försurningsrisken som förordas av Trafikverket. Genom att i detta lakförsök använda båda modellerna fås en bredare bedömningsgrund. Varje prov representeras av två punkter, totalsvavelhalten (försurningspotentialen) och pH_{min} (försurningseffekten). Prover som under lakningen inte når ned till pH 4 har generellt en måttlig eller låg försurningseffekt på kort sikt. Ett prov som i lakförsöket snabbt uppnår ett pH-värde under 4 kommer således att hamna högt i figuren, medan ett prov som inte når pH 4 hamnar längst ned.



Figur 2: Bedömningsmall för försurningsegenskaper.

I Figur 3 redovisas pH och konduktivitet för de aeroba lakstegen.



Figur 3: Sammanställning av lakförsök utfört på prov TRV.

Sammanfattad bedömning

TRV

Provet bedöms enligt bedömning ett (Tabell 3) ha en låg risk för försurning på kort sikt och en låg risk för försurning på lång sikt. Bedömning enligt Trafikverkets modell (Figur 2) indikerar att provet har en mycket hög försurningspotential och en låg försurningseffekt. Försurningsprocessen bedöms inte ha startat i provet enligt det anaeroba pH:et.

Luleå, 2018-10-29
MRM Konsult AB

Eleonor Ringström

Citerade publikationer

Pousette, K. (2007). *Råd och rekommendationer för hantering av sulfidjordsmassor*. Luleå: Luleå tekniska universitet.