

Grönlutslam för efterbehandling av gruvavfall

Avsättnings- och affärsmöjligheter

Alexander Andersson

2017



LUNDS

UNIVERSITET

Examensarbete 30 högskolepoäng
Avdelningen för produktionsekonomi
Civilingenjörsprogrammet i maskinteknik
Lunds Tekniska Högskola

FÖRORD

Detta examensarbete på 30 högskolepoäng har utförts som en del i den femåriga utbildningen till civilingenjör i maskinteknik, inriktning logistik och produktionsekonomi, på Lunds Tekniska Högskola. Arbetet har utförts under våren och sommaren 2017 i Stockholm hos Ecoloop AB.

Jag skulle vilja skicka ett stort tack till min handledare på Ecoloop, Maria Johansson, som har utgjort ett stöd genom hela arbetet och hjälpt till med att driva det i rätt riktning, svarat på frågor och alltid ställt upp för att diskutera oklarheter. Jag skulle också vilja tacka Josef Mácsik på Ecoloop som har hjälpt till med att förklara och reda ut frågor som jag har haft gällande allt från grönlutslam till efterbehandlingsmetoder.

Dessutom skulle jag vilja tacka min handledare, Johan Marklund, på avdelningen för produktionsekonomi på LTH, som har kommit med värdefulla kommentarer, gällande i synnerhet den akademiska biten. Jag är också väldigt glad och tacksam för att Gunnar Westin på Processum under våren tog sig tid att visa mig runt på bland annat Domsjö fabriker i Örnsköldsvik och på SCA Obbola i Umeå.

Slutligen skulle jag vilja tacka samtliga på Ecoloop för en mycket trevlig tid och för att jag har fått möjligheten att skriva mitt examensarbete på ett företag med härliga anställda.

Stockholm 2017

Alexander Andersson

SAMMANFATTNING

Bakgrund

Vid gruvdrift uppstår miljöfarligt avfall i form av gråberg som innehåller metaller som kan urlakas. Avfallet kan oskadliggöras genom att lägga ut tät morän som ett vattenhållande tätskikt kring gråbergssupplaget. Transportkostnaderna för detta är oftast höga då morän av tillräcklig kvalitet måste hämtas långt ifrån upplagen. Studier har visat att kvaliteten på morän kan förbättras genom att blanda in cirka 10 % grönlutslam, som är en restprodukt från massaindustrin, i moränen och sedan sluttäcka gruvavfallet med denna blandning (Mácsik et al., 2017). Tack vare grönlutslammet kan morän av sämre kvalitet som ligger närmare gråbergssupplagen användas. Därigenom kan transportkostnader minskas och förhoppningsvis kan det här leda till att grönlutslam blandad med morän är en billigare efterbehandlingsmetod än existerande metoder. Det råder dock osäkerhet i hur mycket grönlutslam efterbehandlingsområdena kommer behöva och hur mycket det kommer kosta att transportera och använda grönlutslam vid efterbehandling.

Syfte

Syftet med arbetet är att undersöka behovet av grönlutslam inom gruvindustrin, och att analysera kostnader för hantering och transport av grönlutslam till efterbehandlingsområdena. Förslag på logistiksystem för transport och hantering av grönlutslam ska tas fram och utvärderas utifrån ett totalkostnadsperspektiv. Utifrån kostnadsjämförelsen görs en rekommendation för ett lämpligt val av logistiklösning.

Metod, teori och arbetsprocess

Genom intervjuer med berörda aktörer inom massaindustri och gruvindustri, arkivanalys av rapporter om bland annat grönlutslam och litteraturstudier av olika totalkostnadsmodeller har en egen kostnadsmodell för efterbehandling av gruvavfall utvecklats. Ett antal olika logistiklösningar för efterbehandling med grönlutslam beaktas och jämförs gentemot varandra och mot andra alternativkostnader för efterbehandling. Alternativkostnaderna utgörs av efterbehandling med tät morän eller bentonit (ett geologiskt material).

Resultat och slutsatser

Många av efterbehandlingsområdena skiljer sig kraftigt i storlek och geografiskt läge. Därför delas områdena in i tre kategorier. Dessa är *små områden norrut*, *stora områden norrut* och *stora områden söderut*. För respektive kategori utförs separata kostnadsanalyser och rekommendationer. Kostnadsanalyserna visar att upprättande av mellanlager är nödvändigt för samtliga områdeskategorier, på grund av att efterbehandling med grönlutslam endast bedöms kunna ske inom en rimlig tidsperiod om grönlutslammet mellanlagras. För de norra områdena är det billigast med ett mellanlager i Bastuträsk. För de södra områdena är det billigast med ett mellanlager i Ånge och Storvik. Det bedöms vara mer lämpligt att efterbehandla de norra områdena med grönlutslam än de södra områdena. Detta på grund av att tiden för att förse efterfrågan totalt ligger på cirka sju år för de norra områdena samtidigt som den ligger på cirka 16 år för de södra områdena.

Genomförda kostnadsanalyser har visat att efterbehandling med tät morän är det billigaste alternativet. Detta förutsätter att moränen ligger inom ett avstånd på cirka 5 km från områdena. Beräkningarna visar också att tät morän är billigast så länge avståndet till moränen är mindre än 12-17 km. Om avståndet är längre än så har grönlutslam potentialen att vara billigare.

Kostnader för lager, lagerföring, kvalitetskontroll, returflöden, brist och försening måste kvantifieras för att kunna göra en mer precis bedömning av kostnaderna för att använda grönlutslam i varje enskilt fall.

ABSTRACT

Background

Hazardous waste is formed in the form of waste rock and tailings during mining. These may oxidize and generate acidity. Dense moraine can prevent waste rock from oxidizing when used as a sealing layer. The costs of transporting moraine are usually high, due to the need of transporting moraine of sufficient quality over long distances. Studies have shown that the quality of the moraine can be improved by mixing it with a material called green liquor dregs, which is a waste from the pulp industry (Mácsik et al., 2017). By using green liquor dregs, moraine of lower quality, which is situated closer to the mining areas, can be used. This may lead to a decrease in transporting costs. Hopefully the method using green liquor dregs will be cheaper than the existing methods. However, there is uncertainty regarding how much of the material is needed, and what the costs of transporting and using green liquor dregs will be.

Purpose

The purpose of this study is to investigate the demand of green liquor dregs within the mining industry, as well as performing a cost analysis for handling and transporting green liquor dregs to the mining areas. Suggestions for logistics systems, for handling and transportation of green liquor dregs, are to be developed and evaluated from a total cost perspective. A recommendation for a suitable logistical system is made based on the cost analysis.

Method, Theory and Working Process

A total cost model, adapted to the covering of mining waste, is developed. This is done by performing interviews with stakeholders within the mining and pulp industry and by conducting a literature study on total cost models and reports regarding the use of green liquor dregs within the mining industry. A number of different logistics systems, for transport of green liquor dregs, are considered and compared with each other, as well as with other alternatives for covering mining waste. The other alternatives for remediation of mining waste consist of dense moraine or bentonite (which is a geological material).

Results and Conclusions

Many of the mining areas differ considerably in size and geographic location. The areas are therefore divided into three categories. These are *small areas north*, *large areas north* and *large areas south*. For each category the cost analysis and recommendations are performed separately. The cost analysis shows that the inclusion of a depot for green liquor dregs is necessary for each category. The reason is that the demand for green liquor dregs is only believed to be provided within a reasonable time frame, if the material is stored. The cheapest costs for the areas in the north are achieved by localizing a depot in Bastuträsk. For the areas in the south, the cheapest costs are achieved by localizing depots in Ånge and Storvik. It is believed to be more suitable to remediate the areas in the north than the areas in the south. The reason is that the total remediation time is around seven years for all areas in the north while it is around 16 years for the areas in the south.

The cost analysis shows that remediation with dense moraine is the cheapest alternative. This requires that the moraine is situated within 5 km from the mining areas. However, the cost analysis also shows that remediation with dense moraine is the cheapest alternative only as long as the distance to moraine is shorter than 12-17 km. If it is longer, remediation with green liquor dregs has the potential to become a cheaper alternative. Warehousing costs, inventory carrying

costs, costs for return flows and shortages and delay have to be estimated for a more precise evaluation of the actual costs for using green liquor dregs as a sealing material.

Innehållsförteckning

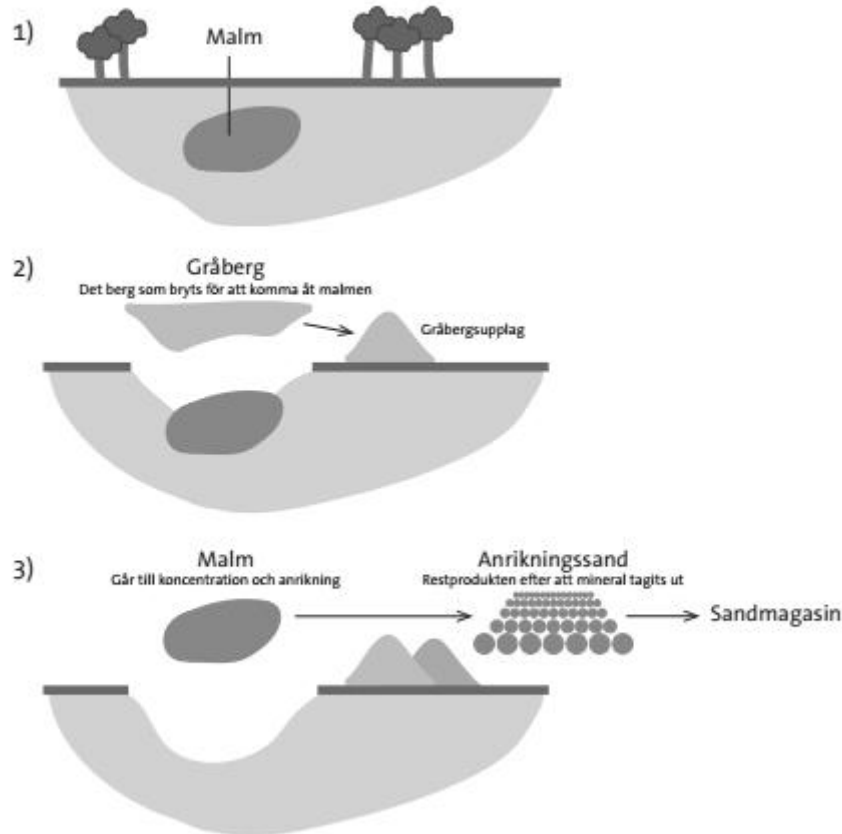
1. BAKGRUND	1
1.1. Efterbehandling av gruvavfall	1
1.2. Grönlutslam	3
2. PROBLEM- OCH SYFTESFORMULERING	4
2.1. Problembeskrivning	4
2.2. Syfte	4
2.3. Avgränsningar	4
3. METOD	5
3.1. Metodval	5
3.2. Metod	6
3.3. Litteraturområden som studerats	7
3.4. Datainsamling	8
3.5. Giltighet	9
4. TEORETISKT RAMVERK	11
4.1. Förändringsarbete i logistiksystem	11
4.2. Flödeskartläggning	12
4.3. Aktivitetsbaserad kostnadskalkylering	12
4.4. Totalkostnadsmodeller	14
5. NULÄGESBESKRIVNING	19
5.1. Kartläggning av alternativa efterbehandlingsprocesser	19
5.2. Inventering av gruvområden och massabruk	22
6. ANVÄNDNING AV GRÖNLUTSLAM I TÄTSKIKT	27
6.1. Anpassning av tillgång och efterfrågan på grönlutslam	27
6.2. Förslag på logistiksystem för norra områden	34
6.3. Förslag på logistiksystem för södra områden	39
7. TOTALKOSTNADSANALYS	43
7.1. Tillvägagångssätt och antaganden vid beräkningar	43
7.2. Uppskattning av alternativkostnader för tätskikt	45
7.3. Jämförande av kostnader logistiklösningar grönlutslam	50
7.4. Jämförelse av bästa lösning med alternativkostnader	53
7.5. Maximalt avstånd till tät morän	53
7.6. Möjlig prissättning av grönlutslam	54
8. DISKUSSION OCH SLUTSATSER	56
8.1. Rekommendation för utformning av nytt logistiksystem	56

8.2. Slutsatser.....	57
8.3. Förslag på vidare studier.....	58

1. BAKGRUND

1.1. Efterbehandling av gruvavfall

Gruvor producerar stora mängder avfall. Avfallet uppstår främst i form av anrikningssand och gråberg, se figur 1.1 för en illustration över hur avfall uppstår vid gruvdrift. Gråberg är en restprodukt som uppstår vid gruvbrytning då stora mängder berg måste brytas för att nå malmen. Vid krossning av malmen uppstår anrikningssand som är en finkornig restprodukt (Sveriges geologiska undersökning, 2017).



Figur 1.1. Illustration över hur gråbergsupplag och anrikningssand uppstår (Sveriges geologiska undersökning, 2017).

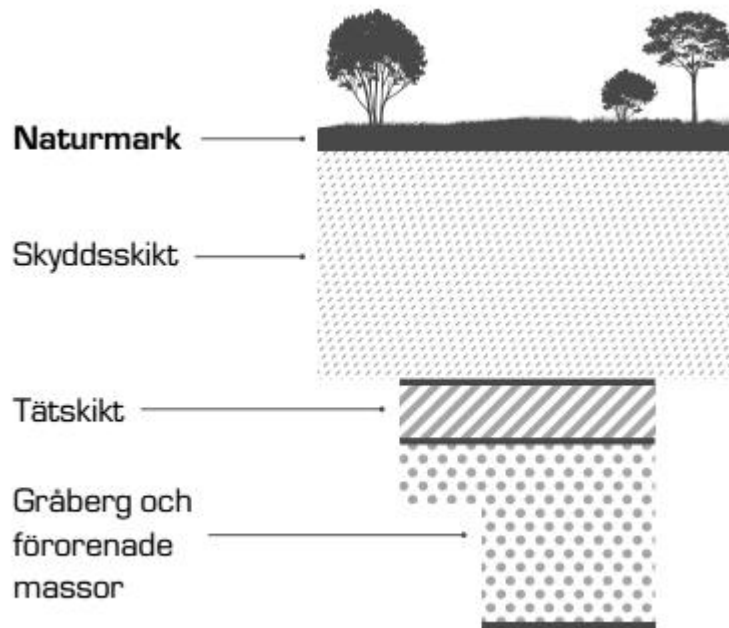
Gruvavfall som innehåller sulfidmineral kan orsaka allvarliga miljöproblem. Sulfidmineralen i gruvavfallet oxiderar när den kommer i kontakt med syre. Detta kan leda till urlakning av metaller som påverkar mark och vatten i närheten av gruvområdet (Sveriges geologiska undersökning, 2017).

Efterbehandlingens syfte är att förhindra att gruvavfallet oxiderar och bildar surt vatten som är skadligt för den omgivande miljön. Det finns olika metoder för efterbehandling och beroende på de specifika förutsättningarna för ett efterbehandlingsområde lämpar sig metoderna olika väl. Det som alla efterbehandlingsmetoder har gemensamt är att de har till syfte att förhindra syre från att nå gruvavfallet (Boliden, 2016). I detta arbete undersöks endast de gruvområden som kan komma att efterbehandlas med en metod som kallas för kvalificerad torrtäckning.

Vid kvalificerad torrtäckning läggs ett tätskikt, vanligtvis bestående av lerig morän, närmast gruvavfallet och ovanpå detta läggs ett skyddsskikt bestående av mer grovkornig morän. I figur

1.2 presenteras en skiss över den kvalificerade torrtäckningen. Tätskiktet har till uppgift att förhindra transport av syre och vatten till avfallet. Det är därför viktigt att det har en hög vattenhållande förmåga för att kunna begränsa syrets diffusion till avfallet (Sveriges geologiska undersökning, 2017). Det är också viktigt att lösningen är långsiktigt beständig. Dessa faktorer gör att det ställs höga krav på tätskiktet och de ingående materialen.

Ett skyddsskikt som är mellan 1,5-2 meter tjockt läggs ovanpå tätskiktet. Syftet är att det ska hindra tätskiktet från att skadas, till exempel genom att förhindra rötter och grävande djur från att nå tätskiktet. Dessutom buffrar det torr- och våt-cykler samt frys och tö-cykler. Ovanpå skyddsskiktet planteras växtlighet, vanligtvis gräs, för att förhindra erosion (Mácsik et al., 2017).



Figur 1.2. Kvalificerad torrtäckning av gruvavfall (Boliden, 2016).

Om morän används som tätskiktsmaterial är det viktigt att den är finkornig och tät för att kunna uppnå tillräckligt bra vattenhållande förmåga. För många områden kan morän som uppfyller dessa kvalitetskrav behöva transporteras över stora avstånd vilket leder till höga transportkostnader. Därför har forskning bedrivits för att hitta alternativa material eller inblandningsmaterial som kan användas i tätskiktet. Grönlutslam är ett av de material som har undersökts som har visat sig ha mycket god potential för att blandas med morän av sämre kvalitet och användas som tätskiktsmaterial (Sveriges geologiska undersökning, 2017).

I detta arbete ligger fokus på tätskiktet och val av material för detta. Jämförande kostnadsberäkningar utförs för olika materialval för tätskiktet för ett antal utvalda efterbehandlingsområden. Materialen som jämförs är högkvalitativ tät morän, vanlig morän med inblandad bentonit (som är ett geologiskt material) och vanlig morän med inblandat grönlutslam (Sveriges geologiska undersökning, 2017).

1.2. Grönlutslam

Grönlutslam är en restprodukt som fås ur massaindustrins produktionsprocess och är i Sverige klassificerat som ett ofarligt kemiskt avfall (Mäkitalo, 2012). Materialet är det avfall som produceras i störst mängder för massabruken och avsätts vanligtvis till deponier. Att deponera grönlutslammet är kostsamt och att hitta alternativa användningsområden är därför av intresse för massaindustrin. På grund av att materialet är alkaliskt och har låg hydraulisk konduktivitet (låg vattengenomsläpplighet) har det passande egenskaper för att användas i tätskikt (Mäkitalo, 2012). I figur 1.3 presenteras en bild på lagrat grönlutslam och en blandning av grönlutslam och morän.



Figur 1.3. Grönlutslam. Omkring 2000 ton grönlutslam är lagrat i bakgrunden. Närmast ses en blandning av grönlutslam och morän som ska användas som tätskikt (Mácsik et al., 2017).

Grönlutslam har en stor vattenhållande förmåga och genom att blanda in omkring 10 % av grönlutslammet i morän kan moränens egenskaper förbättras. Det innebär att morän, som ursprungligen inte håller tillräcklig kvalitet för att användas som tätskiktsmaterial, efter inblandning av grönlutslam kan användas i tätskikt (Mácsik et al., 2017).

I dagsläget deponeras stora delar av den totala mängd grönlutslam som produceras. Den årliga produktionen av grönlutslam i Sverige uppskattas till omkring 100 000 – 150 000 ton. För massaindustrin är det viktigt att minska avfallsmängderna och därigenom kostnaderna för avfall. Massaindustrin lockas därför av potentialen att minska kostnaderna för avfallet och möjligheten att hitta ett alternativ för avsättning där grönlutslammet har ett mervärde. Gruvindustrins krav på efterbehandlingsmetoder är att de är miljöriktiga, långsiktiga och kostnadseffektiva (Filipsson et al., 2015). Förhoppningsvis kan användningen av grönlutslammet vid efterbehandling leda till att både massaindustrins och gruvindustrins behov uppfylls.

Grönlutslammets egenskaper i kombination med många av massabrukens relativt goda geografiska lägen i förhållande till efterbehandlingsområdena, i Västerbotten och Norrbotten, och deras kontinuerliga produktion av stora mängder grönlutslam gör materialet till en intressant kandidat för att användas som konstruktionsmaterial i tätskikt.

2. PROBLEM- OCH SYFTESFORMULERING

2.1. Problembeskrivning

För närvarande utgör grönlutslam endast en kostnad för massaindustrin, eftersom det måste borttransporteras och deponeras. Genom att samarbeta med gruvindustrin hoppas massaindustrin i framtiden kunna ta betalt för både materialet och uppkomna transporter.

Att det finns en teknisk möjlighet i att använda grönlutslam vid efterbehandling av gruvavfall har både massa- och gruvindustrin insett. Den ekonomiska potentialen är dock mer osäker då endast ytliga kostnadsberäkningar, för att transportera och lagra grönlutslam, har genomförts. Dessutom finns det en osäkerhet kring hur mycket grönlutslam efterbehandlingsområdena förväntas behöva de närmaste åren. Mer omfattande kostnadsberäkningar och en marknadsanalys behöver genomföras för att kunna bedöma materialets ekonomiska potential.

2.2. Syfte

Syftet med arbetet är att undersöka behovet av grönlutslam inom gruvindustrin, och att analysera kostnader för hantering och transport av grönlutslam till efterbehandlingsområdena. Förslag på logistiksystem för transport och hantering av grönlutslam ska tas fram och utvärderas utifrån ett totalkostnadsperspektiv. Utifrån kostnadsjämförelsen görs en rekommendation för ett lämpligt val av logistiklösning.

2.3. Avgränsningar

De efterbehandlingsområden som tas med i studien tillhör alla Boliden, som är en av deltagarna i projektet, och dessa områden antas stå för hela den potentiella efterfrågan på grönlutslam. Hänsyn tas inte till efterbehandlingsområden som staten eller andra gruvbolag ansvarar för.

Marknadsanalysen innefattar endast en undersökning av behovet av grönlutslam i tätskikt. Det har gjorts studier där grönlutslam används som material i andra applikationer, men dessa bortses från i detta projekt.

De enda massabruk som beaktas och som antas kunna leverera grönlutslam är de som deltar i studien. Val av massabruk att ta hänsyn till i studien har definierats på förhand av uppdragsgivarna SP Processum och Ecoloop AB. Dessa massabruk är BillerudKorsnäs Karlsborg, Smurfit Kappa, SCA Munksund, SCA Obbola, Domsjö fabriker och Mondi Dynäs.

Ragn-Sells är en av de aktörer som deltar i projektet och som är intresserade av att sköta transport och lagring av grönlutslammet. I detta arbete intervjuas endast Ragn-Sells som en möjlig kandidat till att sköta logistiken kring grönlutslammet.

Under arbetets gång görs ytterligare avgränsningar för att underlätta beräkningar och för att komma fram till resultat som är rimliga. Dessa tas dock inte upp i detta avsnitt utan presenteras först i senare kapitel som anses lämpliga. Bland annat presenteras fler avgränsningar och antaganden i kapitel 6.1.6.

3. METOD

3.1. Metodval

3.1.1. Val av metodik

Valet av metodik sätter upp ramarna eller principerna för hur ett arbete genomförs. Metodiken beskriver inte i detalj vad som ska göras, utan är ett hjälpmedel för att komma från en övergripande målsättning till ökad kunskap kring frågan. Själva valet av metodik beror på arbetets mål och karaktär (Höst, Regnell och Runesson, 2006).

Ett arbete kan ha olika övergripande syften. Dessa kan klassificeras som beskrivande, utforskande, förklarande och problemlösande syften (Höst, Regnell och Runeson, 2006). Beskrivande studier ska ta reda på och beskriva hur något fungerar eller utförs men går inte in djupare än så. Utforskande studier syftar till att på djupet förstå hur något fungerar. Förklarande studier söker orsakssamband till hur något fungerar. Problemlösande studier ska hitta en lösning till ett problem som har identifierats (Höst, Regnell och Runeson, 2006).

Arbetet genomförs med hjälp av en kombination av en beskrivande, utforskande och problemlösande metodik (Höst, Regnell och Runeson, 2006). För att kunna genomföra en kostnadsanalys över transport av grönslutslam, krävs att inledande kartläggande och utforskande studier genomförs. I de kartläggande och utforskande studierna samlas nödvändiga data in om massabruk och efterbehandlingsområden. Insamlad data ligger sedan till grund för den problemlösande delen som innefattar marknads- och kostnadsanalys.

En studie kan vara fix eller flexibel. En fix studie är definierad innan själva genomförandet och en flexibel studie anpassas kontinuerligt efter förändrade förutsättningar under studiens gång (Höst, Regnell och Runeson, 2006). Den valda metodiken är av fix natur, vilket innebär att studien är definierad redan på förhand. Val av intervjufrågor och datainsamlingsstrategi bestäms alltså redan innan studien genomförs och ändras inte under arbetets gång.

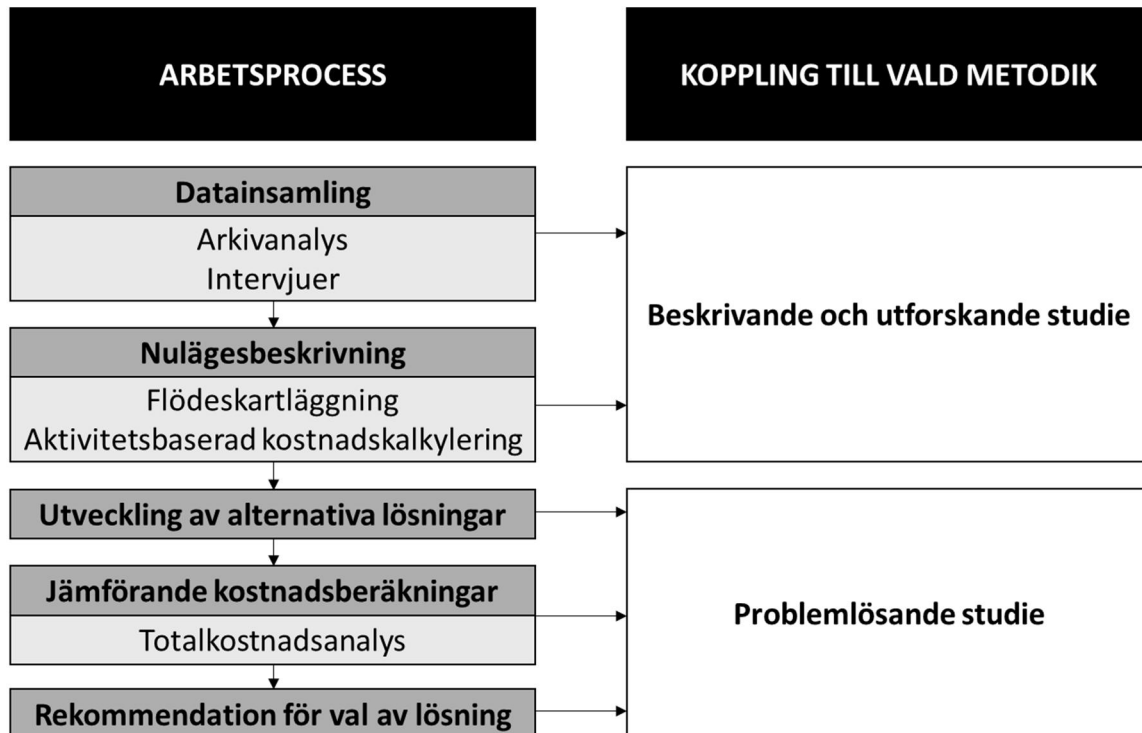
3.1.2. Undersökningsansats

En undersökningsansats kan kategoriseras som induktiv, deduktiv eller abduktiv. Vid en induktiv ansats utförs en empirisk studie av det identifierade problemet och teorin används därefter för att utveckla bättre förståelse för resultaten. För den induktiva ansatsen förändras alltså teoriramen beroende på hur de empiriska resultaten ser ut. Vid en deduktiv undersökningsansats formuleras hypoteser från teorierna och sedan utformas studien för att falsifiera eller verifiera dessa. För en abduktiv ansats sker växling mellan teorier i litteraturen och det empiriska materialet (Blomkvist och Hallin, 2015).

I detta arbete sker litteraturstudien i arbetets början och den studerade teorin fungerar som en bas och ett stöd för det fortsatta arbetet, därför kan sägas att denna studie har en deduktiv ansats.

3.2. Metod

I figur 3.1 presenteras tillvägagångssättet vid utförandet av arbetet och hur varje del är kopplad till den valda metodiken. Arbetsprocessen är skapad med utgångspunkt i en modell om vilka steg som bör ingå i ett förändringsarbete för ett logistiksystem, framtagen av Oskarsson et al. (2013). I kapitel 4.1 presenteras den ursprungliga modellen.



Figur 3.1. Ingående steg i arbetet, verktyg som används vid olika steg och koppling av steg till den valda metodiken.

Arbetet inleds med datainsamling för att kartlägga tillgången och efterfrågan på grönslutslam. Tillgången på grönslutslam fås genom att ta reda på hur mycket massabruken producerar och den totala efterfrågan på grönslutslam kan uppskattas genom att ta reda på antal efterbehandlingsområden och deras storlek. Dessutom kartläggs de aktiviteter som krävs för varje efterbehandlingsmetod. De metoder som undersöks är; efterbehandling med tät morän, blandning av morän och bentonit samt blandning av morän och grönslutslam. Datainsamling sker genom arkivanalys och intervjuer, i kapitel 3.4 förklaras hur arkivanalysen och intervjuerna genomförs.

Insamlad data ligger till grund för en nulägesbeskrivning. Med hjälp av flödeskartläggning och aktivitetsbaserad kostnadskalkylering kan nuvarande processer, aktiviteter och kostnadsdrivare för olika efterbehandlingsmetoder identifieras. Syftet med detta är att ta fram alternativkostnader som de nya transportlösningarna för grönslutslam kan jämföras med.

I nästa steg tas förslag på alternativa lösningar för transport av grönslutslam fram. Ett antal olika scenarion som uppskattas vara genomförbara jämförs med varandra och med alternativkostnaderna med hjälp av en totalkostnadsanalys. I totalkostnadsanalysen väljs de största kostnaderna ut och jämförs för olika lösningar, mindre kostnader bortses från. De kostnadsposter som väljs ut är de som förändras beroende på vilket alternativ som väljs.

Baserat på totalkostnadsanalysen, som tar hänsyn till kvantitativa aspekter, väljs de efterbehandlingsmetoder och logistiklösningar som bedöms vara mest fördelaktiga för respektive efterbehandlingsområde.

Slutligen görs en rekommendation för val av efterbehandlingsmetod och transportlösning. Baserat på totalkostnadsanalysen görs också en sammanvägd bedömning av grönslutslammets ekonomiska potential.

3.3. Litteraturområden som studerats

För att säkerställa att hänsyn tas till alla kostnader som kan uppstå vid transport av grönslutslam från massabruk till gruvområden och för att underlätta kategorisering och rangordning av kostnader görs en totalkostnadsanalys. Teori om hur totalkostnadsanalyser bör genomföras och ett antal existerande totalkostnadsmodeller studeras. Baserat på litteraturstudien och den insamlade informationen om bland annat efterbehandlingsprocesser och grönslutslam, skapas en anpassad totalkostnadsmodell för att jämföra olika metoder för efterbehandling av gruvavfall.

För att kunna genomföra en kostnadsanalys för användning av grönslutslam vid efterbehandling måste det nya logistiksystemet kartläggas, så att nya aktiviteter och kostnadsdrivare kan identifieras. Med hjälp av teori inom processkartläggning kan detta göras på ett systematiskt och korrekt sätt.

Litteratur om aktivitetsbaserad kostnadskalkylering studeras som ett steg i totalkostnadsanalysen. Aktivitetsbaserad kostnadskalkylering används för att identifiera de aktiviteter som ingår i olika processer i logistiksystemet och för att ta reda på vilka kostnadsdrivare som är relaterade till respektive aktivitet.

Litteratursökningen genomfördes i LUBsearch, som är Lunds Universitets sökmotor med tillgång till bibliotekets samlade resurser.

En av de undersökta totalkostnadsmodellerna, skapad av Lambert och Stock, valdes utifrån en rekommendation från handledare Johan Marklund. Genom att söka på nyckelord som ”totalkostnadsmodeller” och ”total cost analysis” hittades andra totalkostnadsmodeller. Slutligen valdes också en totalkostnadsmodell av Jonsson och Mattsson som finns i boken *Logistik: Läran om effektiva materialflöden*.

Den teori som användes om processkartläggning hittades i böckerna *Modern Logistik: för ökad lönsamhet* av Oskarsson et al. och *Business Process Modeling* av Laguna och Marklund. Se kapitel 4.2 för en sammanfattning av den teori som används från detta område och för referenser.

Merparten av teorin om aktivitetsbaserad kostnadskalkylering är hämtad från artiklar. En del av dessa är framtagna med sökordet ”activity based costing”. Genom att leta i referenslistan för relevanta artiklar kunde ytterligare artiklar av intresse för detta arbete hittas. En artikel av Cooper och Kaplan hämtades med anledning av att handledare Johan Marklund rekommenderade litteratur av Kaplan inom detta område.

I teoriavsnittet (kapitel 4) sammanställs resultatet av litteraturstudien och de teorier och modeller som används i arbetet förklaras mer ingående.

3.4. Datainsamling

3.4.1. Primärdata och sekundärdata

I denna studie används både primärdata och sekundärdata. Primärdata är information som har samlats in specifikt för det fenomen som avser att studeras. Sekundärdata är data som samlats in för något annat ändamål än det syfte som avser att studeras (Blomkvist och Hallin, 2015). Primärdata fås främst från genomförda intervjuer (se kapitel 3.4.4) och sekundärdata fås främst genom arkivanalys (se kapitel 3.4.2).

3.4.2. Arkivanalys

En stor del av datainsamlingen i arbetet sker genom arkivanalys. Arkivanalys innebär att dokumentation som tagits fram för något annat syfte än den aktuella undersökningen går igenom (Höst, Regnell och Runesson, 2006). Bland annat hämtas information från dokument producerade av Boliden, Processum och Sveriges geologiska undersökning. Information hämtas också från rapporter skrivna av sakkunniga inom relevanta områden, exempelvis från Mäkitalo (2012) och Mácsik et al. (2017).

3.4.3. Kvantitativ och kvalitativ data

Kvantitativ data inkluderar sådant som kan räknas eller klassificeras såsom antal, andel, vikt, färg och så vidare. Kvalitativ data är information som utgörs av ord och beskrivningar (Höst, Regnell och Runesson, 2006). Vid kartläggning av aktiviteter som behövs för olika efterbehandlingsmetoder samlas data in som är av kvalitativ karaktär. För marknadsanalysen samlas kvantitativ data, om tillgång och efterfrågan på grönslutslam, in. Totalkostnadsanalysen som genomförs tar hänsyn till kvantitativa aspekter vilket för med sig att data som samlas in för denna är av kvantitativ karaktär.

3.4.4. Intervjuer

Datainsamling sker också genom intervjuer. Dessa sker via telefon och en kontaktperson hos respektive aktör i projektet intervjuas. Se tabell 3.1 för en lista över vilka roller de intervjuade personerna har på respektive företag och vilka ämnesområden som intervjuerna behandlar. Den avsatta tiden för varje intervju är en timme.

Tabell 3.1. Aktörer som intervjuas och information om vilka ämnen som behandlas under respektive intervju.

Aktörer att intervjuas	Kontaktperson	Huvudämne under intervju
Boliden	Magnus Filipsson, Miljösamordnare	Information om efterbehandlingsområden
Ragn-Sells	Pär Odén, Produktansvarig	Transport och lagring av grönslutslam
SCA Obbola	Nils Gilenstam, Processingenjör	Grönslutslammets egenskaper, mängd och kvalitet
BillerudKorsnäs	Bengt-Åke Lundbäck, Miljöchef	Grönslutslammets egenskaper, mängd och kvalitet
Domsjö fabriker	Fredrik Östlund, Marknadsanalytiker	Grönslutslammets egenskaper, mängd och kvalitet
SCA Munksund	Annette Nilsson, Ansvarig biorening och energifrågor	Grönslutslammets egenskaper, mängd och kvalitet

Intervjuer kan vara strukturerade, semistrukturerade eller öppna. Strukturerade intervjuer baseras på en frågelista som följs exakt. Semistrukturerade intervjuer har ett antal frågor som stöd för intervjun men ordningen och formuleringar skiljer sig beroende på intervjusituation. I de semistrukturerade intervjuerna blandas fasta frågor som har bundna svar med öppna frågor. I öppet riktade intervjuer styr den intervjuade till största del det som tas upp (Höst, Regnell och Runesson, 2006).

Intervjuerna i denna studie är av semistrukturerad karaktär. Det innebär att de behandlar ett antal frågeområden som har valts ut på förhand. Frågorna skrivs ner i en intervjuguide som inte är alltför detaljerad. Frågeområdena behandlas sedan i den ordning som lämpar sig bäst under intervjuens gång. De bör anpassas så att de ställs i en ordning som känns naturlig för personen som intervjuas (Blomkvist och Hallin, 2015).

Frågorna som ställs behandlar både kvantitativ och kvalitativ information, intervjuerna spelas in och transkriberas. Intervjuerna har främst till syfte att bidra till kartläggningen av efterbehandlingsområden, massabruk och grönlutslam. De fyller också funktionen att de bidrar till att öka kunskapen om de processer som studeras och den praktiska förståelsen kring vad som skulle krävas av de nya transportlösningarna.

Målet är att den information som samlas in ska underlätta genomförandet av totalkostnadsanalysen. Därför förbereds intervjufrågorna med teori om totalkostnadsanalys och totalkostnadsmodeller i åtanke. Intervjuguiden finns sammanställda i bilaga 1-3.

3.5. Giltighet

3.5.1. Validitet

Validitet innebär att det som ska studeras verkligen är det som undersöks i studien (Blomkvist och Hallin, 2015). Validiteten kan till exempel förbättras genom att använda triangulering. Triangulering innebär att flera olika metoder används för att samla in och analysera data och att dessa genererar samma resultat (Höst, Regnell och Runesson, 2006). I denna studie kan validiteten i viss mån säkras med triangulering. Detta då arkivanalysen och intervjuerna, i de fall de undersöker samma frågor, leder fram till samma resultat. Korrektheten i insamlad data kan alltså ofta bekräftas från flera olika källor. Dessutom kommer flera av de intervjuade personerna med likvärdiga uttalanden vilket för med sig att validiteten kan höjas ytterligare.

I största möjliga mån görs försök att få korrektheten i insamlad data bekräftad från flera olika källor. I många fall förekommer dock svårigheter, detta då grönlutslam vid efterbehandling är ett relativt outforskat område och endast ett fåtal aktörer har kunskap inom området. Därför är arbetet beroende av att den information som fås från dessa aktörer är korrekt. I vissa andra fall, när data samlas in från exempelvis Boliden, massabruk och Ragn-Sells, finns det inga sätt att bekräfta att den insamlade informationen är korrekt, då dessa aktörer har unik tillgång till informationen.

Genomgående under arbetets gång diskuteras kvaliteten på insamlad data och gjorda antaganden med handledare på Ecoloop för att öka validiteten.

3.5.2. Reliabilitet

Reliabilitet beskriver hur tillförlitlig datainsamlingen och analysen är med avseende på slumpmässiga variationer (Höst, Regnell och Runesson, 2006). Bra reliabilitet kan åstadkommas genom noggrannhet i datainsamlingen och analysen. Genom att redovisa hur arbetet har genomförts tillåts läsaren göra en bedömning av tillvägagångssättet (Höst, Regnell och Runesson, 2006).

I denna rapport presenteras hur studien har genomförts och målet är att den ska vara så pass utförlig att om läsaren hade genomfört studien med samma tillvägagångssätt som beskrivs i rapporten, hade resultatet blivit detsamma.

För många av aktörerna sker telefonintervjuer med enskilda personer på företagen, vilket innebär att informationen som fås kan variera beroende på vem som intervjuas och hur intervjun genomförs. Dessa variationer kan vara svåra att undvika helt men genom att utgå från de intervjuguider som finns presenterade i bilaga 1-3, kan variationer i resultat från intervjuerna minskas något. Dessutom används triangulering där försök görs för att verifiera informationen som fås från intervjuer genom att jämföra den med information som finns i dokument som företagen presenterar.

4. TEORETISKT RAMVERK

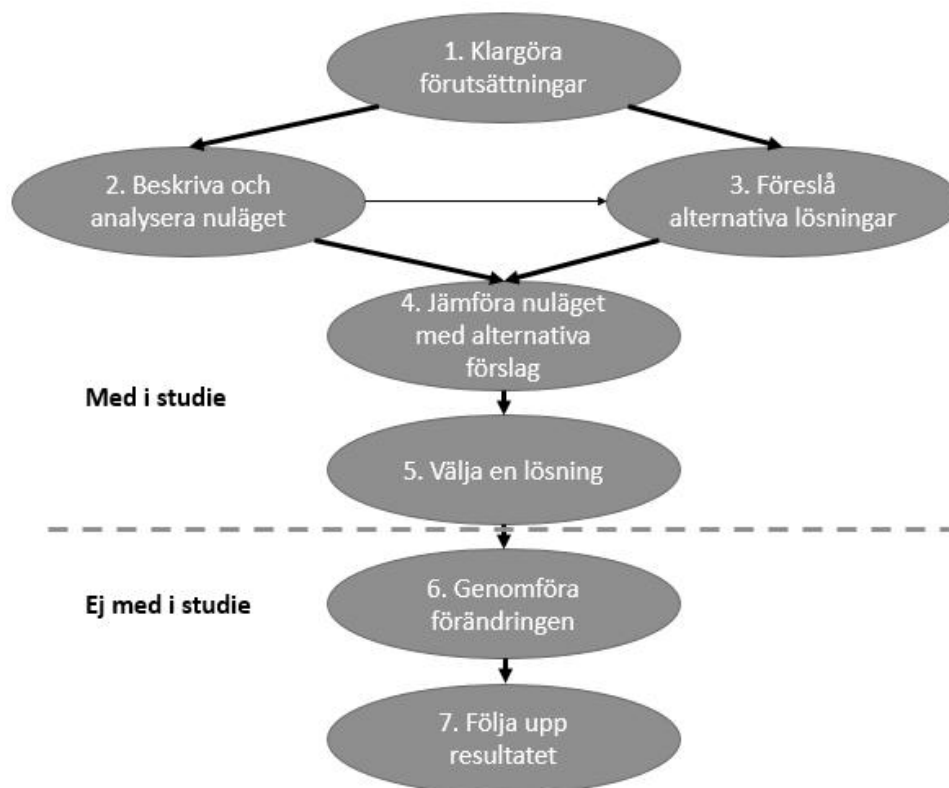
4.1. Förändringsarbete i logistiksystem

Ett förändringsarbete för ett logistiksystem kan delas in i ett antal steg som presenteras i figur 4.1. Först bör förutsättningarna för förändringsarbetet klargöras. Det kan innebära att klargöra mål för projektet, redogöra för vilka delar av företaget som berörs och redogöra för vilka resurser som finns för genomförande av projektet. Det andra steget är att beskriva och analysera nuläget. Detta kan till exempel göras med hjälp av flödeskartläggning och genom aktivitetsbaserad kostnadskalkylering (Oskarsson et al., 2013). Se kapitel 4.2 och kapitel 4.3 för en genomgång av teori inom dessa områden.

I steg tre tas förslag på alternativa lösningar fram. Därefter jämförs de olika lösningarna med varandra och med nuläget. De kan bland annat jämföras utifrån framtagna nyckeltal. (Oskarsson et al., 2013).

Baserat på jämförelsen av de alternativa lösningarna i steg fyra görs i steg fem ett val av lösning att implementera. Valet baseras på de kvantitativa nyckeltalen och andra kvalitativa parametrar. De kvalitativa parametrarna kan exempelvis innefatta en uppskattning av hur svårt det är att implementera en lösning i praktiken eller osäkerhet relaterad till en lösning (Oskarsson et al., 2013).

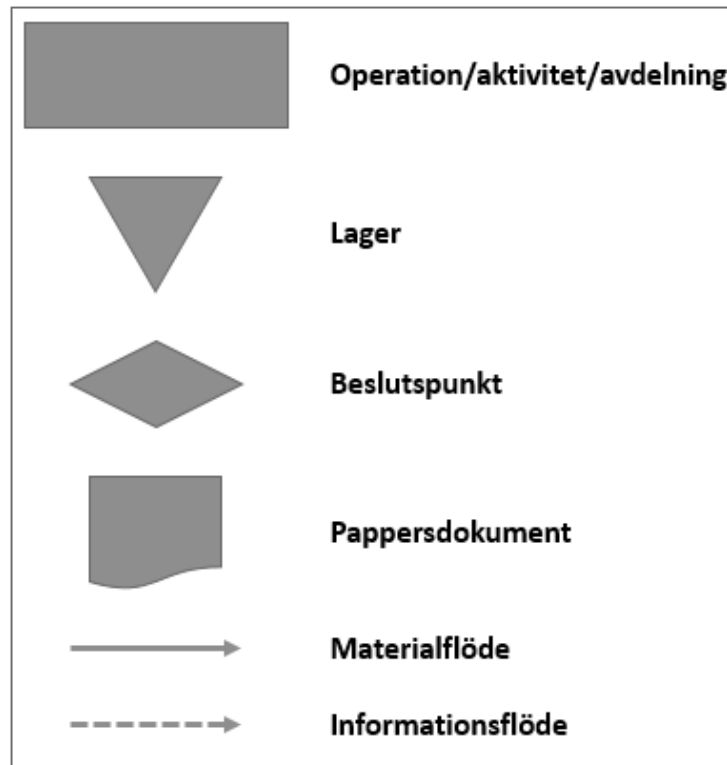
Beskrivning av de två sista stegen, vilka är genomförande av förändring och uppföljning av resultat, utelämnas. Det är upp till uppdragsgivare och andra intressenter att eventuellt implementera lösningarna och utvärdera resultaten.



Figur 4.1. Steg i ett förändringsarbete (Oskarsson et al., 2013). Endast de steg som är ovanför den streckade linjen genomförs i studien.

4.2. Flödeskartläggning

För att ta reda på om en ny lösning kommer innebära en förbättring är det viktigt att förstå de existerande processerna. Flödeskartläggning utgör ofta en viktig del i nulägesbeskrivningen av ett logistiksystem. Syftet är att identifiera och förstå alla relevanta material- och informationsflöden (Oskarsson et al., 2013). I figur 4.2 presenteras vanliga symboler som används vid grafisk flödeskartläggning i form av flödesdiagram och processkartor.



Figur 4.2. Symboler för flödeskartläggning (Oskarsson et al., 2013).

En processkarta ska beskriva hur olika affärsprocesser hänger ihop. Några av de övergripande målen med en processkarta följer nedan.

1. Skapa en gemensam förståelse för projektdeltagare och andra intressenter
2. Uppmuntra till en gemensam vokabulär som sträcker sig över funktionella gränser mellan olika avdelningar i företaget
3. Identifiera delprocesser som är nödvändiga för att uppnå önskade mål
4. Identifiera nyckelpunkter i affärsprocesserna
5. Peka ut processteg som är överflödiga och andra former av onödigt arbete

Processkartan bör vara överskådlig och tydlig. För att beskriva komplexa processer är hierarkiska strukturer ofta nödvändiga (Laguna & Marklund, 2013).

4.3. Aktivitetsbaserad kostnads-kalkylering

För att kunna ta reda på den lägsta logistikkostnaden för en given kundservicenivå är det viktigt att förstå logistikaktiviteterna och de bakomliggande kostnaderna för dessa (Lin, Collins och Su, 2001). Aktivitetsbaserad kostnads-kalkylering är en metod för att tilldela en organisations direkta och indirekta kostnader till de aktiviteter som konsumerar resurser. Kostnader för att

utföra aktiviteterna spåras till de produkter, kunder eller distributionskanaler som konsumerar aktiviteterna (LaLonde och Pohlen, 1996).

För att ingående kunna utvärdera de totala kostnaderna för logistikaktiviteterna måste hänsyn tas till alla aktiviteter och delaktiviteter. När en förståelse för logistikprocesserna är uppnådd blir relationen mellan processerna och de största logistikkostnaderna tydligare (Lin, Collins och Su, 2001).

Aktivitetsbaserad kostnads kalkylering kan bidra till att ge chefer en klar bild av hur produkter, märken, kunder, faciliteter, regioner eller distributionskanaler både genererar intäkter och konsumerar resurser. Lönsamhetsbilden som framträder ur den aktivitetsbaserade kostnads kalkyleringen kan hjälpa chefer att fokusera på att förbättra de aktiviteter som kommer ha störst påverkan på företagets lönsamhet (Cooper och Kaplan, 1991).

Enligt Lin, Collins och Su (2001) är implementering av aktivitetsbaserad kostnads kalkylering en process som kan delas in i sju övergripande steg.

1. Välja arbetslag
2. Analysera de ingående funktionerna i logistikkedjan
3. Bryta ned processer till aktiviteter
4. Identifiera resurserna som förbrukas när aktiviteterna utförs
5. Bestämna kostnader för aktiviteterna
6. Spåra kostnaderna till kostnadsobjekten
7. Analysera kostnadsinformationen utifrån ett totalkostnadsperspektiv

1. Välja arbetslag - För att projektet med att kartlägga kostnaderna i logistiksystemet ska lyckas är det viktigt att representanter från alla parter i logistikkedjan medverkar och är engagerade. De som förstår och utför aktiviteterna som konsumerar resurserna måste delta i arbetslaget. En chef eller en anställd vid varje avdelning i företaget, till exempel finanschefen eller logistikchefen, bör delta under projektets gång.

2. Analysera de ingående funktionerna i logistikkedjan – Här identifieras och klassificeras de viktigaste processerna i logistikfunktionen. Det som är mest intressant är de stora processerna såsom lagerstyrning, materialhantering, lagring, orderhantering och transporter. Huvudprocesserna kan ritas in i ett flödesschema för att illustrera hur de är sammanlänkade. Efter detta kan processerna ytterligare delas upp i olika aktiviteter.

3. Bryta ned processer till aktiviteter - I det här steget urskiljs specifika resurskonsumerande aktiviteter inom varje process i logistiksystemet. Genom att bryta ned varje logistikprocess i så många väldefinierade aktiviteter som möjligt kan kostnaderna för processerna analyseras bättre. Exempel på aktiviteter är orderkontroll, lastning, avlastning och transport.

4. Identifiera resurserna som förbrukas när aktiviteterna utförs - För att ta reda på kostnader för olika aktiviteter är det viktigt att precisera vilka resurser som varje aktivitet förbrukar. Beroende på aktivitet och hur den utförs konsumeras olika typer av resurser. De flesta resurser i ett företag kan delas in i kategorierna arbete, material, utrustning, faciliteter, egendom och kapital.

5. Bestämna kostnader för aktiviteterna - När resurserna som krävs för varje aktivitet har identifierats, kan kostnaderna för varje aktivitet bestämmas. För att identifiera relationen mellan konsumtionen av resurser och utförandet av aktiviteter används kostnadsdrivare. En

kostnadsdrivare är en faktor som påverkar eller genererar kostnader. En kostnadsdrivare associeras med en kostnad per enhet. Varje aktivitet har minst en kostnadsdrivare, de kan ha flera, men endast de viktigaste bör användas.

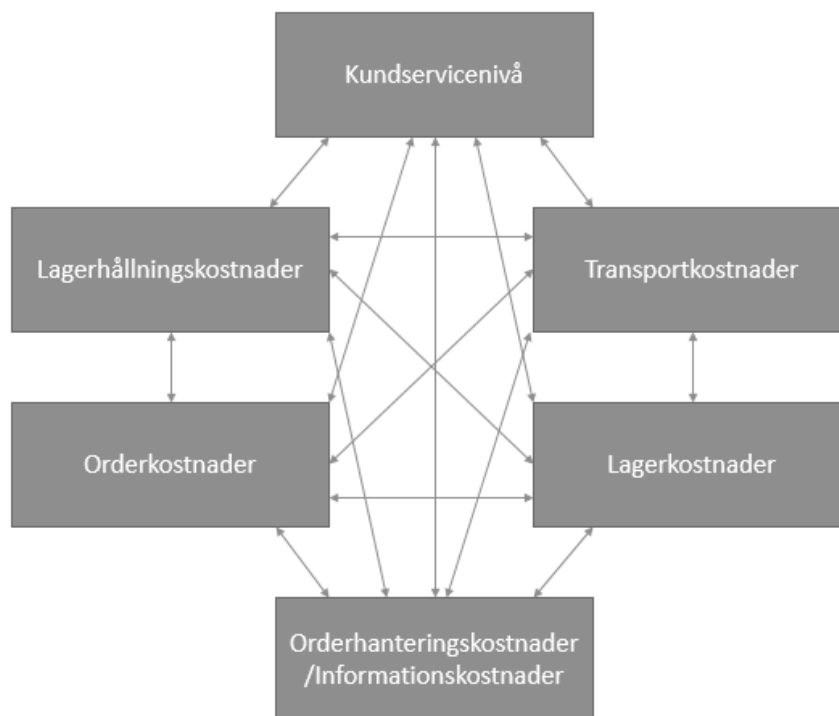
6. Spåra kostnaderna till kostnadsobjekten - Kostnadsdrivarens enhetskostnad multipliceras med den använda mängden resurser för en aktivitet för att bestämma den totala kostnaden för en specifik aktivitet. När kostnaden för att utföra varje aktivitet för ett kostnadsobjekt har uppskattats, kan vinstpotentialen för detta bedömas.

7. Analysera kostnadsinformationen utifrån ett totalkostnadsperspektiv - Slutligen analyseras kostnadsinformationen som fås från aktivitetskalkyleringen. Informationen kan användas som ett underlag vid beslutsfattande. Analysen bör genomföras utifrån ett totalkostnadsperspektiv där målet för organisationen är att minska totala kostnader för logistikaktiviteter, istället för att fokusera på enskilda aktivitetskostnader.

4.4. Totalkostnadsmodeller

4.4.1. Totalkostnadsmodell av Lambert och Stock

I totalkostnadsmodellen av Lambert och Stock (2011) finns det sex huvudsakliga kostnadskategorier. I figur 4.3 presenteras modellen.



Figur 4.3. Totalkostnadsmodell av Lambert och Stock (2001). Pilarna illustrerar att alla kostnadskategorier hänger ihop, påverkar varandra, och tillsammans utgör de totala kostnaderna.

Nedan presenteras kostnadskategorierna i totalkostnadsmodellen mer detaljerat.

Kundserviceivå - Beskriver andelen av de totala kundorderna som uppfylls enligt överenskommelse. De övriga kategorierna i modellen verkar tillsammans för att uppfylla den bestämda kundserviceivån. Kostnader för att uppnå en viss kundservice inkluderar kostnader

för orderuppfyllning, kostnader för produkt- och tjänsteservice, kostnader för hantering av returgods och kostnader för förlorad försäljning.

Transportkostnader - Varierar beroende på leveransvolym, leveransvikt, avstånd, start- och slutpunkt och val av transportsätt.

Lagerkostnader - Kostnader för lagringsaktiviteter. Inkluderar kostnader som är relaterade till förändringar av antal lager, deras storlek och var dessa är lokaliserade.

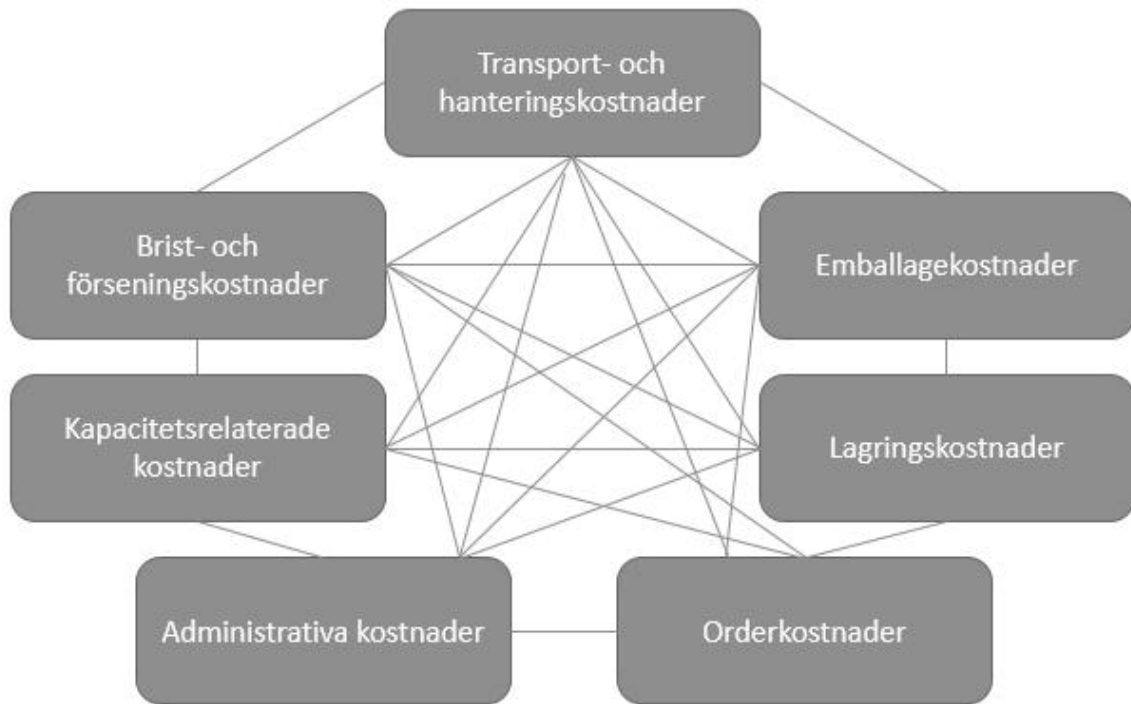
Orderhanterings- och informationssystemkostnader - Kostnader som är relaterade till aktiviteter för att hantera kundorder, kommunikation inom och mellan organisationer och uppskattning av efterfrågan. Orderhanteringskostnaderna inkluderar orderöverföring, orderläggning, orderbekräftelse och kostnader för att informera transportföretag och kunder om fraktinformation och produkttillgänglighet.

Orderkostnader - Kostnader som är relaterade till inköp och produktion. Till exempel omställningstid i produktion, kapacitetsförluster relaterade till omställning, materialhantering, schemaläggning och prisskillnader relaterade till inköpskvantiteter.

Lagerhållningskostnader - Kostnader påverkas av lagerstyrning, paketering och kostnader för att göra sig av med produkter av dålig kvalitet. De viktigaste kostnaderna i denna kategori är de som beror på lagernivån. De fyra viktigaste kategorierna av lagerhållningskostnader är kapitalkostnad, lagerservicekostnad (försäkring och skatt på lager), kostnader för lagringsutrymme och riskkostnader (inkluderar bland annat produkter som åldras, försvinner eller skadas).

4.4.2. Totalkostnadsmodell av Jonsson och Mattsson

I totalkostnadsmodellen av Jonsson och Mattsson (2011) finns det sju huvudsakliga kostnadskategorier. I figur 4.4 presenteras modellen.



Figur 4.4. Totalkostnadsmodell av Jonsson och Mattsson (2011). Linjerna illustrerar att alla kostnadskategorier hänger ihop, påverkar varandra, och tillsammans utgör de totala kostnaderna.

Transport- och hanteringskostnader - Kostnader för förflyttning av gods. Inkluderar intern hantering, externa godstransporter och skador på förpackningar och gods. Intern hantering kan vara plockning, intern förflyttning och paketering (Dessa inkluderas ibland i lagerhållningskostnader). Externa godstransporter kan vara lastning, förflyttning, omlastning och lossning av gods. Kapitalbindningskostnad för gods som transporteras ingår också i transportkostnaden.

Emballeringskostnader - Kostnader som är relaterade till förpackningsmaterial, emballering och godsmärkning.

Lagringskostnader - Kostnaden för att lagerhålla varor. Innehåller kapitalkostnad, förvaringskostnad och osäkerhetskostnad. Kapitalkostnaden är det avkastningskrav som ställs på kapitalet som är bundet i lagret. Förvaringskostnaderna är själva driftskostnaderna för lagret. Osäkerhetskostnaden hänger ihop med den risk som är relaterad till att ha produkter i lager.

Administrativa kostnader - Kostnader för att planera och styra materialflödet. Innefattar kostnader för administrativ personal som sköter till exempel orderbehandling, planering och lagerredovisning. Kostnader för att införskaffa och sköta informationssystem kan också innefattas i denna kategori.

Orderkostnader - Kostnader för att hantera tillverknings- och inköpsorder. Kostnader i denna kategori kan ofta sorteras in under andra kostnadsposter. Ibland är det viktigt att dimensionera orderkvantiteter och då kan denna kategori vara nödvändig.

Kapacitetsrelaterade kostnader - Kapaciteten utgörs av tillgängliga anläggningar, fordon, maskiner och personal. Innefattar kostnader för underhåll, drift av anläggningar och årliga avskrivningar. Är mestadels fasta kostnader. Säsongsvariationer och osäkerhet i kundefterfrågan kan resultera i ökade kapacitetskostnader genom att det genomsnittliga kapacitetsutnyttjandet blir lägre.

Brist- och förseningskostnader - Kostnader för att en leverans inte sker enligt kundens önskemål. Kan utgöras av kostnader för skadestånd, övertidsarbete i produktion, extra kostnader för snabbtransport, annan distributionslösning eller förflyttning mellan lagringsplatser.

(Jonsson och Mattsson, 2011).

4.4.3. Anpassad totalkostnadsmodell för transport av grönlutslam

Baserad på de två presenterade totalkostnadsmodellerna görs en egen modell som är anpassad för konstruktion av tätskikt vid efterbehandling av gruvavfall. I modellen används några av de kostnadsposter som finns beskrivna i tidigare modeller. De kostnadsposter som används beskrivs nedan.

Lagerkostnader – Kostnader som uppstår i samband med upprättande av nya lager för lagring av grönlutslam. Kan vara kostnader för konstruktion av lagerytor, lagerlokaler eller införskaffande av mark för att använda som lagringsplats.

Lagerföringskostnader – Kostnader som är relaterade till hur mycket grönlutslam som lagras och hur länge. Inkluderar kostnader för lagringsutrymme och riskkostnader.

Transportkostnader – Kostnader för att förflytta materialet (grönlutslam eller morän). Kan ske via lastbil, tåg eller båt.

Hanteringskostnader – Kostnader för att hantera grönlutslammet. Innefattar kostnader för att lasta på och lasta av grönlutslammet på exempelvis ett lastbilsflak. Nödvändigt då materialet ofta är svårhanterligt på grund av konsistensen och det höga vatteninnehållet. Därför kan hantering av materialet vara tidskrävande och kostsamt.

Brist- och förseningskostnader – Kostnader för övertidsarbete vid efterbehandling eller extra transportkostnader då det råder brist på grönlutslam eller om grönlutslammet levereras för sent till efterbehandlingsområdet.

Returkostnader – Kostnader för att returnera och deponera det grönlutslam som inte håller tillräcklig kvalitet vid olika steg i logistiksystemet. Kan vara grönlutslam som visar sig hålla otillräcklig kvalitet och därför måste deponeras direkt efter produktion, efter mellanlagring eller på plats på efterbehandlingsområdet.

Den anpassade modellen kompletteras dessutom med kostnadsposter som är direkt relaterade till efterbehandlingsprocesserna (Sveriges geologiska undersökning, 2017). Dessa listas nedan.

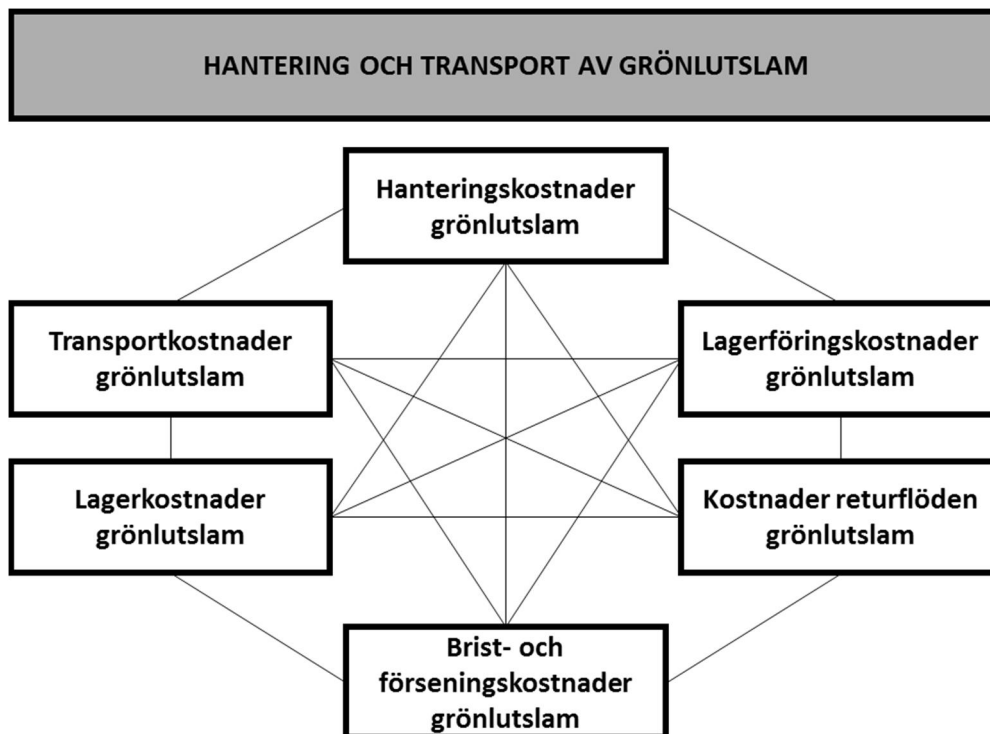
- Utgrävningskostnader morän
- Sorteringskostnader morän

- Blandningskostnader (grönlutslam som blandas med morän)
- Utläggingskostnader av material för tätskikt (blandning morän-grönlutslam)
- Kvalitetssäkring och kontrollkostnader (kontroll av morän, grönlutslam eller tätskikt)

Figur 4.5 och figur 4.6 utgör tillsammans den framtagna kostnadsmodellen för efterbehandling med grönlutslam. I figur 4.5 presenteras kostnaderna för att genomföra själva efterbehandlingen med grönlutslam. I figur 4.6 presenteras kostnaderna för att transportera och lagra grönlutslammet.



Figur 4.5. Kostnadsmodell för att efterbehandla gruvavfall med grönlutslam.



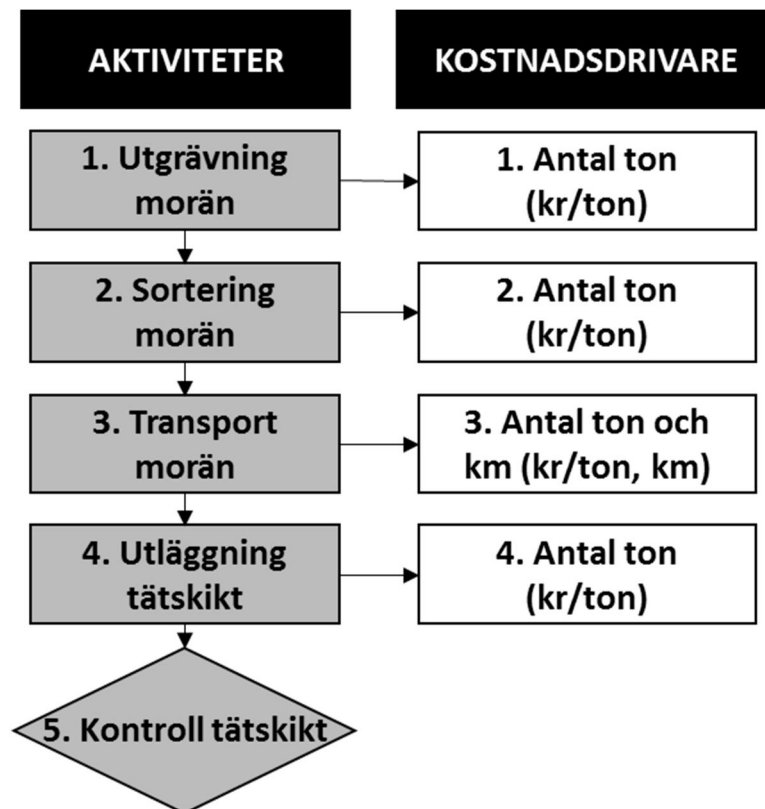
Figur 4.6. Kostnadsmodell för att transportera och lagra grönlutslam. Pilarna illustrerar att alla kostnader påverkar varandra.

5. NULÄGESBESKRIVNING

5.1. Kartläggning av alternativa efterbehandlingsprocesser

5.1.1. Konstruktion av tätskikt med tät morän

I detta kapitel presenteras resultaten av flödeskartläggningen och de kostnadsdrivare som sedan kvantifieras i den aktivitetsbaserade kostnads kalkyleringen. I figur 5.1 presenteras de aktiviteter som identifierats och relaterade kostnadsdrivare för konstruktion av tätskikt med tät morän.

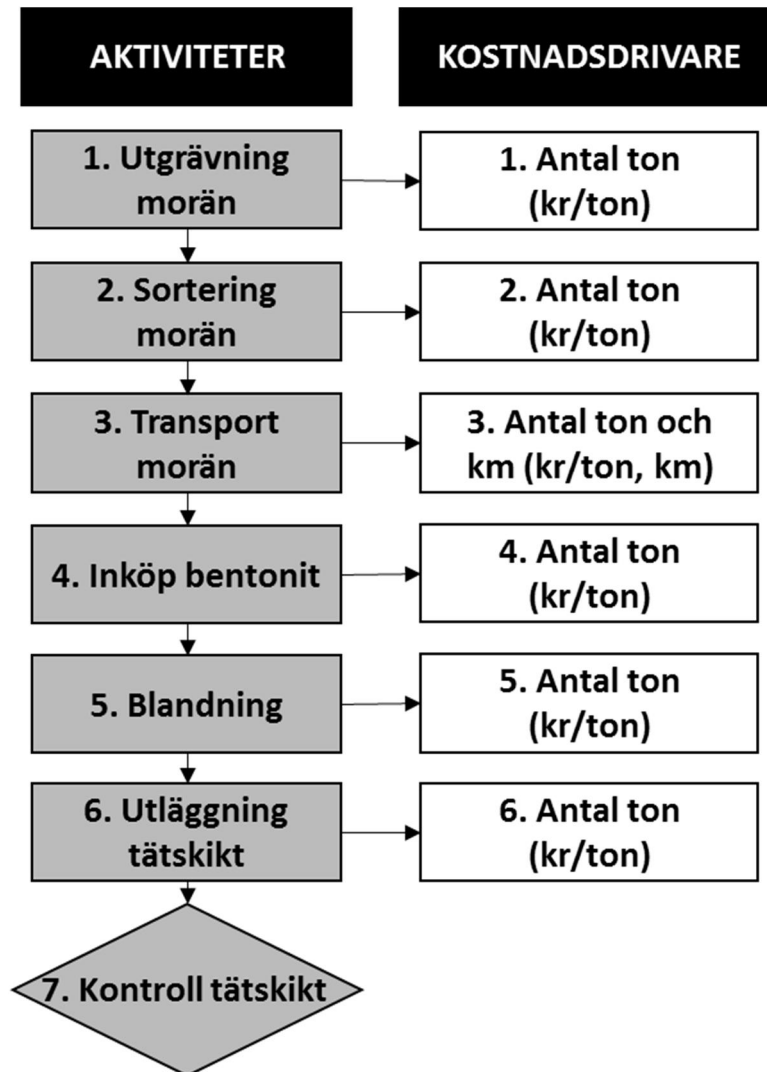


Figur 5.1. Aktiviteter och relaterade kostnadsdrivare för efterbehandling med tät morän.

I figur 5.1 motsvaras utgrävning av morän av att öppna en täkt i anslutning till efterbehandlingsområdet och schakta ut morän med en grävmaskin. Sortering av morän innebär att större block och stenar sorteras ut för att kornstorleken på moränen ska vara tillräckligt fin för att den ska kunna användas som tätskikt. Moränen hämtas från den plats där den grävs ut ur marken och transporteras till området som ska efterbehandlas. Utläggning av tätskikt innebär att moränen läggs ut och packas för att nå önskad funktion. I det sista steget kontrolleras att tätskiktet har rätt kvalitet med avseende på bland annat torrsubstans. (Maurice och Mácsik, 2014).

5.1.2. Konstruktion av tätskikt med morän och bentonit

I detta kapitel presenteras resultaten av flödeskartläggningen och de kostnadsdrivare som sedan kvantifieras i den aktivitetsbaserade kostnadskalkyleringen. I figur 5.2 presenteras de aktiviteter som identifierats och relaterade kostnadsdrivare för konstruktion av tätskikt med morän och bentonit.



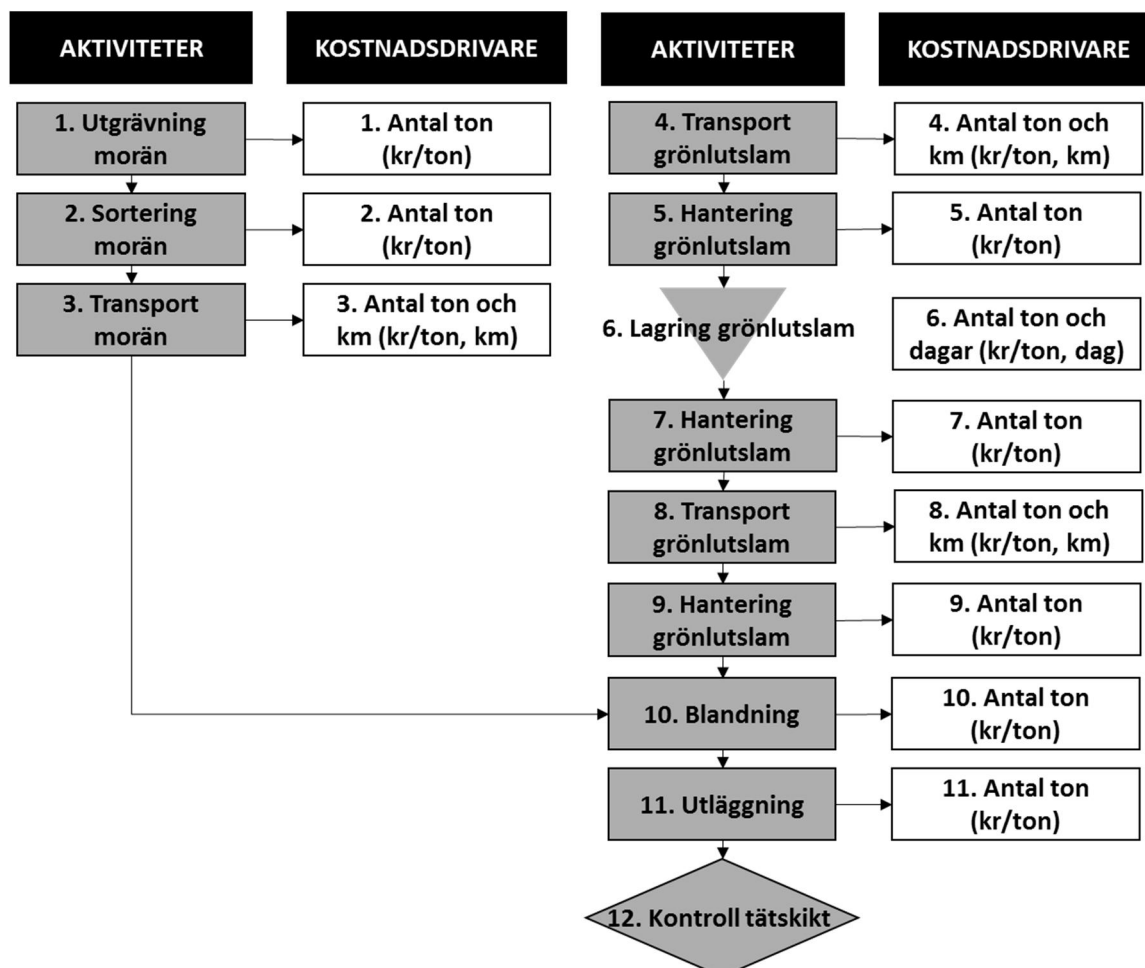
Figur 5.2. Aktiviteter och relaterade kostnadsdrivare för efterbehandling med bentonit.

Aktivitet 1-3 – Dessa aktiviteter utförs på samma sätt som för tät morän och presenteras i kapitel 5.1.1.

Aktivitet 4-7 – Motsvaras av att bentoniten köps in utifrån och transporteras till efterbehandlingsområdet (Sveriges geologiska undersökning, 2017). Därefter blandas bentoniten med moränen och läggs sedan ut som tätskikt. I det sista steget kontrolleras att tätskiktet uppfyller de ställda kraven (Johansson, 2016).

5.1.3. Konstruktion av tätskikt med morän och grönlutslam

I detta kapitel presenteras resultaten av flödeskartläggningen och de kostnadsdrivare som sedan kvantifieras i den aktivitetsbaserade kostnads kalkyleringen. I figur 5.3 presenteras de aktiviteter som identifierats och relaterade kostnadsdrivare för konstruktion av tätskikt med morän och grönlutslam.



Figur 5.3. Aktiviteter och relaterade kostnadsdrivare för efterbehandling med grönlutslam.

I figur 5.3 utförs aktivitet 1-3 parallellt med aktivitet 4-9.

Aktivitet 1-3 – Dessa aktiviteter utförs på samma sätt som för tät morän och presenteras i kapitel 5.1.1.

Aktivitet 4-9 – Grönlutslammet som produceras av massbruken transporteras från massbruken till ett mellanlager där det avlastas. Materialet mellanlagras under en viss tid innan det pålastas och transporteras till ett efterbehandlingsområde och avlastas. I figur 5.3 motsvaras hantering av grönlutslam av omlastning av grönlutslammet i samband med bland annat mellanlagring. Hanteringskostnaderna är alltså kostnader för avlastning och pålastning av grönlutslammet på olika transportslag (Johansson, 2016).

Aktivitet 10-12 – Moränen blandas med grönlutslammet och därefter läggs blandningen ut som ett tätskikt. I det sista steget kontrolleras att tätskiktet uppfyller de ställda kraven (Johansson, 2016).

Utöver de aktiviteter som presenteras i figur 5.3 tillkommer noggranna kontroller av grönlutslammets och tätskiktets kvalitet i olika steg av efterbehandlingsprocessen. Exempelvis är det viktigt att grönlutslammets och tätskiktets torrsubstans är på en viss nivå för att tätskiktet ska uppfylla funktionskraven (Mácsik et al., 2017). Kostnader för dessa aktiviteter uppskattas inte i denna studie och de tas därför inte med i flödeskartläggningen. Trots att de inte uppskattas skall nämnas att kontrollkostnaderna för grönlutslam är betydligt större än för övriga metoder och de kan avgöra huruvida lösningen med grönlutslam är billigare än att exempelvis efterbehandla med bentonit (Magnus Filipsson; Boliden, 2017).

5.2. Inventering av gruvområden och massabruk

I tabell 5.1 återfinns en lista över de områden som kan komma att efterbehandlas med grönlutslam. Ingen prioriteringsordning är angiven för när i tid områdena ska efterbehandlas och de är därför listade i stigande storleksordning. Boliden är tydliga med att detta endast är potentiella områden som kan efterbehandlas med grönlutslam och att den verkliga efterfrågan kan se annorlunda ut (Magnus Filipsson; Boliden, 2017).

Tabell 5.1. Lista över områden som kan komma att efterbehandlas med grönlutslam och deras respektive storlek (Magnus Filipsson; Boliden, 2017).

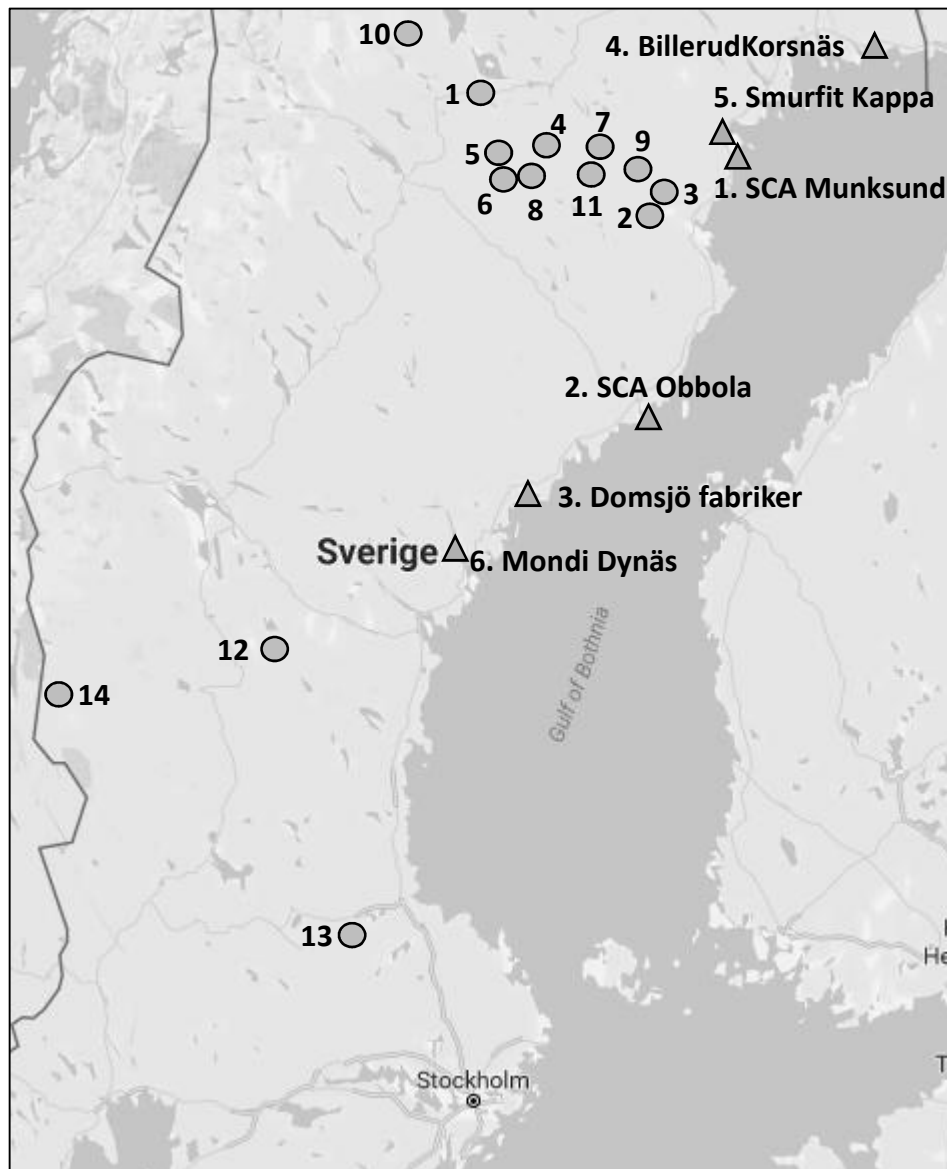
Efterbehandlingsområde	Storlek (hektar)
1. Slagnäs	1.5
2. Långdal	2
3. Långsele	2
4. Kimheden	2
5. Rävliomyr	3
6. Rävliiden	4
7. Holmtjärn	4
8. Kristineberg	4
9. Udden	13
10. Laisvall	13
11. Maurliiden	15
12. Enåsen	25
13. Garpenberg	25
14. Vassbo	65
Totalt	178

I tabell 5.2 presenteras de massabruk som deltar i studien och deras respektive årsproduktion av grönlutslam. I tabellen är informationen om årsproduktionen för massabruk 1-5 hämtad från intervjuer med massabruken och Ragn-Sells (Pär Odén; Ragn-Sells, 2017), och för massabruk 6 från Westin et al. (2015). Det skall nämnas att grönlutslammets kvalitet skiljer sig beroende på vilket massabruk som producerar det, exempelvis gällande vatteninnehåll. För att förenkla beräkningar görs dock antagandet att grönlutslammet har likvärdig kvalitet oberoende av vilket massabruk det kommer från.

Tabell 5.2. Deltagande massabruk och deras årsproduktion av grönlutslam (Nummer 1-5 källa: intervjuer med massabruk och Ragn-Sells, 2017, nummer 6 källa: Westin et al., 2015).

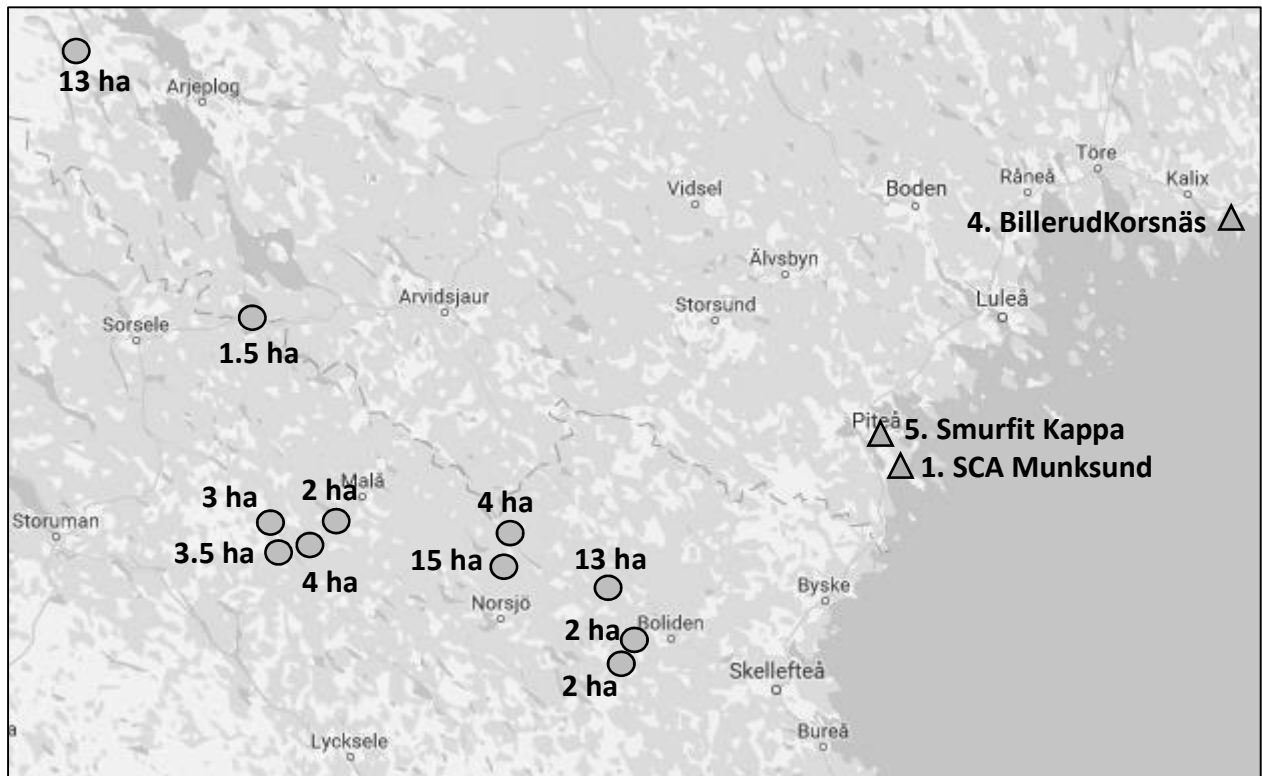
Massabruk	Årsproduktion grönlutslam (ton)
1. SCA Munksund	1 100
2. SCA Obbola	1 600
3. Domsjö fabriker	4 000
4. BillerudKorsnäs	9 000
5. Smurfit Kappa	9 000
6. Mondi Dynäs	9 500
Totalt	34 200

I figur 5.4 presenteras en övergripande bild över de studerade efterbehandlingsområdenas och massbrukens geografiska lägen (Magnus Filipsson; Boliden, 2017). Både massbruken och efterbehandlingsområdena är numrerade i stigande storleksordning gällande mängd grönslutslam som produceras och efterbehandlingsområdenas ytstorlek.

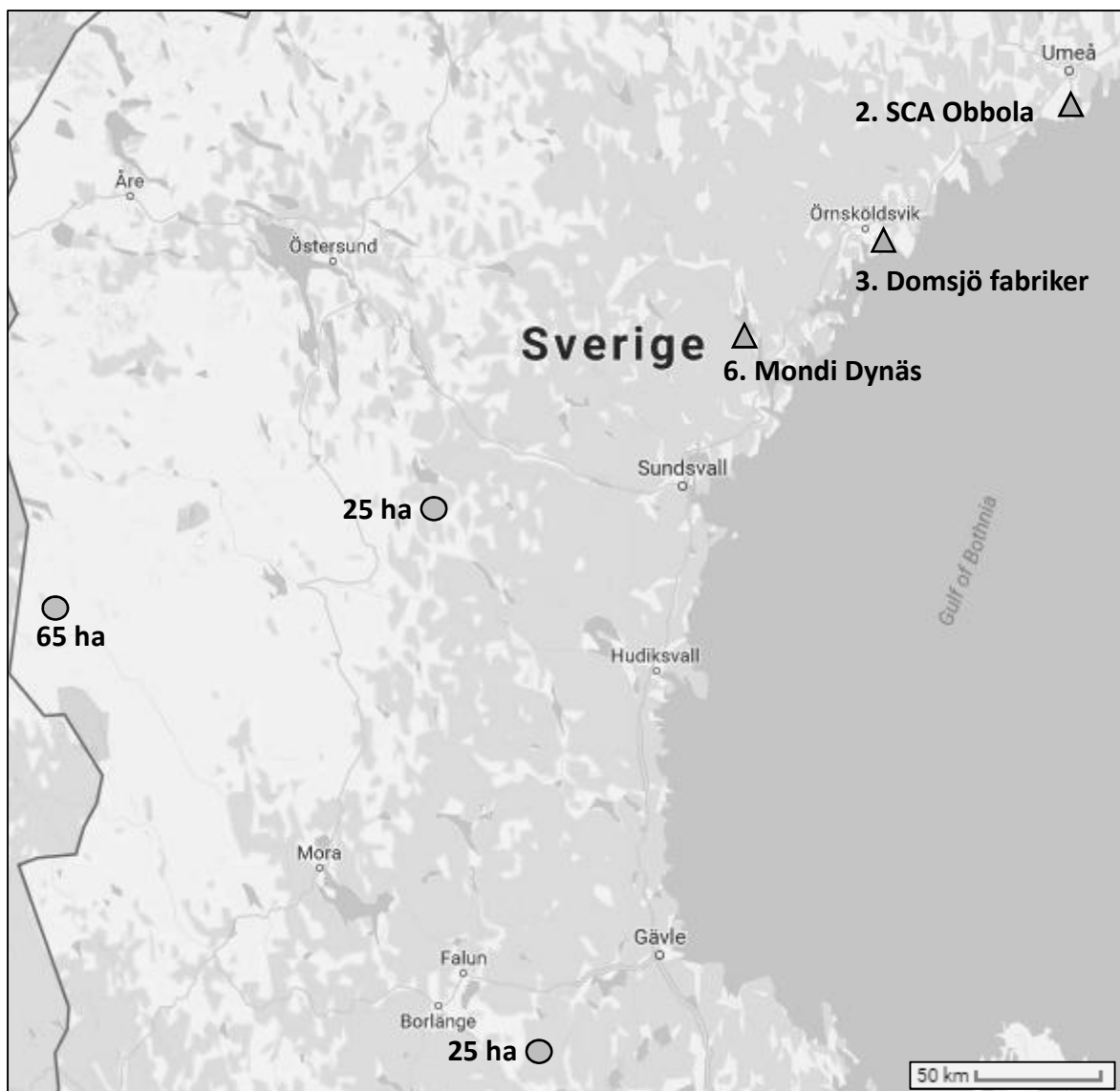


Figur 5.4. Geografiska lägen för studerade massbruk (trianglar) och efterbehandlingsområden (punkter). Se tabell 5.1 för information om vilka efterbehandlingsområden som hör till siffrorna (Ursprungsbild Google Maps).

I figur 5.5 och 5.6 visas närmare hur efterbehandlingsområdena och massabruken ligger i förhållande till varandra samt storleken på respektive område i hektar (Magnus Filipsson; Boliden, 2017). Figuren är uppdelade efter de områden som är belägna längre norrut och längre söderut.



Figur 5.5. Efterbehandlingsområden (punkter) och massabruk (trianglar) som ligger längre norrut. Storleken på områdena som ska efterbehandlas anges i hektar i figuren (Ursprungsbild Google Maps).



Figur 5.6. Efterbehandlingsområden (punkter) och massabruk (trianglar) som ligger längre söderut. Storleken på områdena som ska efterbehandlas anges i hektar i figuren (Ursprungsbild Google Maps).

6. ANVÄNDNING AV GRÖNLUTSLAM I TÄTSKIKT

6.1. Anpassning av tillgång och efterfrågan på grönlutslam

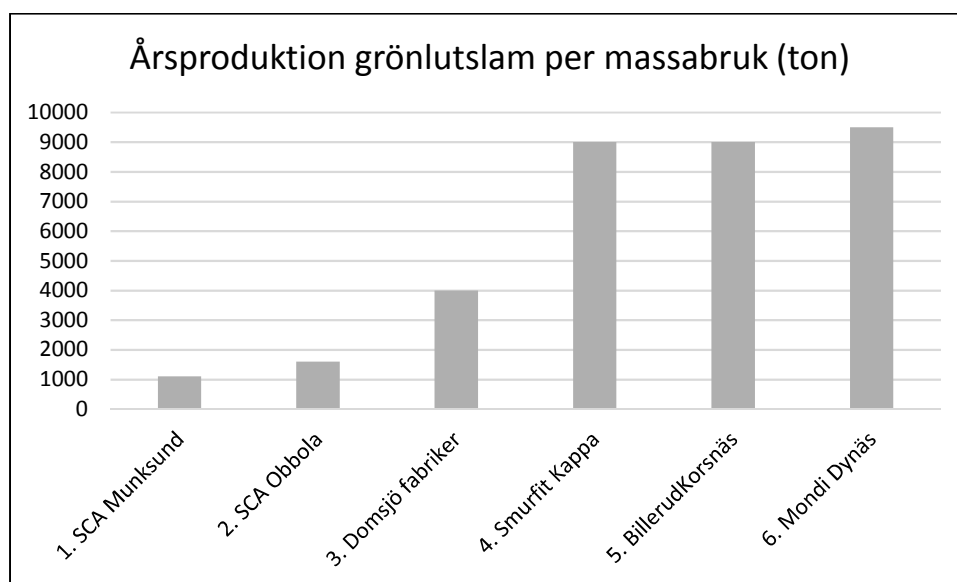
6.1.1. Massabrukens produktion av grönlutslam

Efterbehandling kan endast utföras under sommaren (Pär Odén; Ragn-Sells, 2017) och ett antagande som gjorts är att detta sker mellan maj-augusti. Om ingen mellanlagring sker utgörs den tillgängliga mängden grönlutslam endast av den mängd som massabruken kan producera under sommaren. I tabell 6.1 presenteras massabrukens årsproduktion av grönlutslam och deras uppskattade produktion per sommar. Den uppskattade mängden grönlutslam som kan användas under en sommar förväntas då produceras under 120 dagar mellan maj-augusti.

Tabell 6.1. Massabrukens årsproduktion av grönlutslam och uppskattad produktion per sommar (Intervju massabruk och Ragn-Sells, 2017).

Massabruk	Ideal årsproduktion (ton)	Ideal produktion sommar (ton)	Andel av total produktion (%)
1. SCA Munksund	1 100	362	3 %
2. SCA Obbola	1 600	526	5 %
3. Domsjö fabriker	4 000	1 315	12 %
4. BillerudKorsnäs	9 000	2 959	26 %
5. Smurfit Kappa	9 000	2 959	26 %
6. Mondi Dynäs	9 500	3 123	28 %
Totalt	34 200	11 244	100 %

I figur 6.1. presenteras massabrukens årsproduktion av grönlutslam i ett stapeldiagram. Noterbart från tabell 6.1 och figur 6.1 är att massabruk 3-6 står för merparten av den totala produktionen av grönlutslam.



Figur 6.1. Årsproduktion av grönlutslam för respektive massabruk.

På grund av variationer i kvalitet för grönlutslammet kan det uppstå tillfällen då det grönlutslam som produceras har bristfällig kvalitet (Mácsik et al., 2017). Ett antagande som har gjorts, och

som används vid samtliga transportsценарion, är att endast 50 % av den totala mängden grönslutslam som produceras håller tillräcklig kvalitet för att användas vid efterbehandling. Antagandet är gjort i samråd med Josef Mácsik på Ecoloop AB som har goda kunskaper om grönslutslam och bland annat har varit med och genomfört empiriska tester på materialet. I tabell 6.2 presenteras massbrukens produktion av grönslutslam om endast 50 % av grönslutslammet håller tillräcklig kvalitet.

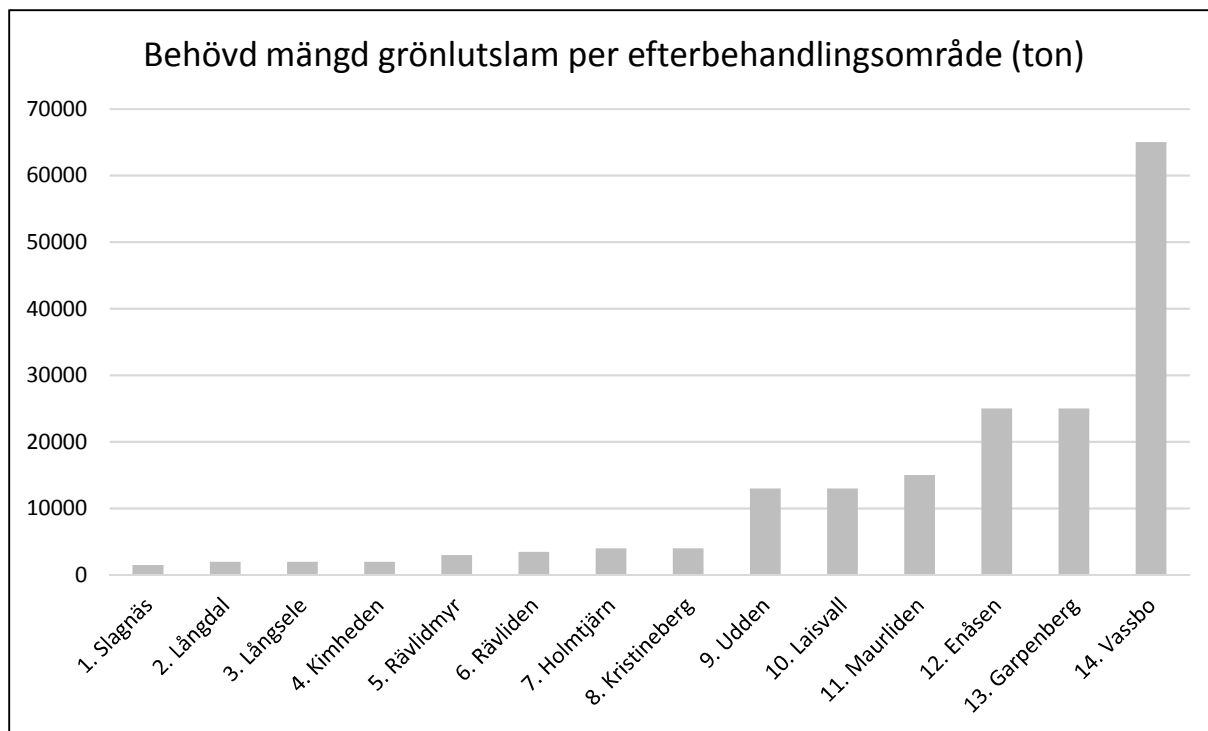
Tabell 6.2. Massbrukens årsproduktion av grönslutslam och uppskattad produktion per sommar om endast 50 % av det producerade grönslutslammet håller tillräcklig kvalitet (Intervju massbruk och produktansvarig Ragn-Sells, 2017).

Massabruk	Årsproduktion 50 % (ton)	Produktion 50 % sommar (ton)
1. SCA Munksund	550	181
2. SCA Obbola	800	263
3. Domsjö fabriker	2 000	658
4. BillerudKorsnäs	4 500	1 479
5. Smurfit Kappa	4 500	1 479
6. Mondi Dynäs	4 750	1 562
Totalt	17 100	5 622

6.1.2. Uppskattad efterfrågan på grönslutslam

Det konstruerade tätskiktet skall hålla en mäktighet (tjocklek) på ungefär 0,5 m. Den siktade moränens densitet ligger på omkring 2 ton/m³. Mängden morän som behövs per m² fås genom att multiplicera tjockleken på tätskiktet med densiteten på moränen. Beräkningen ger att det behövs cirka 1 ton morän per m² efterbehandlingsområde. Omkring 10 vikt-% grönslutslam bör blandas in i moränen (Mácsik et al., 2017). Följaktligen behövs omkring 0,1 ton grönslutslam per ton morän och per m² efterbehandlingsområde. Den uppskattade efterfrågan på grönslutslam beräknas således genom att multiplicera ytstorleken på respektive område, i kvadratmeter, med en faktor 0,1.

I figur 6.2 ses den uppskattade mängden grönslutslam som behövs för respektive efterbehandlingsområde. I figuren ses att den efterfrågade mängden skiljer sig kraftigt mellan många av områdena.



Figur 6.2. Uppskattad mängd grönslutslam som behövs per efterbehandlingsområde.

6.1.3. Uppdelning av efterbehandlingsområden i tre kategorier

Baserat på den uppskattade efterfrågan på grönslutslam delas efterbehandlingsområdena upp i tre kategorier för att underlätta arbetet med att välja lämpliga massabruk för att förse dem med grönslutslam. Kategorierna är baserade på ytstorlek och geografiskt läge.

Kategorierna är *små områden norrut*, *stora områden norrut* och *stora områden söderut*. De norra områden som är mindre än 10 hektar kategoriseras under *små områden norrut* och områden som är större än så hamnar i *stora områden norrut*. De tre områden som är belägna längre söderut och är betydligt större än övriga områden, kategoriseras under *stora områden söderut*. De tre kategorierna listas nedan.

1. Små områden norr (≤ 10 ha, 8 stycken)
2. Stora områden norr (> 10 ha, 3 stycken)
3. Stora områden söder (> 10 ha och belägna söderut, 3 stycken)

Ytterligare anledningar till att områdena delas upp i dessa kategorier är att grönslutslam tros lämpa sig bäst för områden som inte är alltför stora. För stora områden är bentonit mer kostnadseffektivt. Detta i och med att bentonit går snabbare att blanda och lägga ut (Magnus Filipsson; Boliden, 2017). Dessutom är många av de kostnadsdrivare som arbetet baseras på anpassade för områden som är mindre än 10 hektar stora (Maurie och Mácsik, 2014). Fokus i studien ligger på att hitta lösningar för områdena i kategori ett, men olika logistiklösningar undersöks också för de andra två kategorierna trots att det råder större osäkerhet kring huruvida de kan ha nytta av grönslutslam.

I tabell 6.3 presenteras den mängd grönslutslam som varje efterbehandlingsområde uppskattas behöva och den totala efterfrågan för varje kategori.

Tabell 6.3. Uppskattad efterfrågan på grönlutslam för varje efterbehandlingsområde och hur stor andel av den totala efterfrågan som härrör från varje område och varje kategori (Magnus Filipsson; Boliden, 2017).

Efterbehandlingsområde	Efterfrågan grönlutslam (ton)	Andel av totala efterfrågan (%)
1. Slagnäs	1 500	1 %
2. Långdal	2 000	1 %
3. Långsele	2 000	1 %
4. Kimheden	2 000	1 %
5. Rävliomyr	3 000	2 %
6. Rävliiden	3 500	2 %
7. Holmtjärn	4 000	2 %
8. Kristineberg	4 000	2 %
Summa små områden norr	22 000	12 %
9. Udden	13 000	7 %
10. Laisvall	13 000	7 %
11. Maurliiden	15 000	8 %
Summa stora områden norr	41 000	23 %
12. Enåsen	25 000	14 %
13. Garpenberg	25 000	14 %
14. Vassbo	65 000	37 %
Summa stora områden söder	115 000	65 %
Totalt	178 000	100 %

Viktigt att nämna är att de tre kategorierna behandlas separat och antas vara oberoende av varandra. Om ett massabruk har valts för att leverera grönlutslam till ett område i en kategori innebär detta inte att samma massabruk inte kan väljas för att leverera grönlutslam till ett annat efterbehandlingsområde under samma tidsperiod. Det här kan föra med sig att kategorierna inte kan efterbehandlas parallellt med varandra utan att endast en kategori kan efterbehandlas åt gången.

6.1.4. Jämförelse av tillgång och efterfrågan på grönlutslam

Enligt Mácsik et al. (2017) kan också tillgången på grönlutslam bli en begränsande faktor när flera områden med stora ytor ska efterbehandlas samtidigt. Detta tydliggörs i figur 6.3. där den årliga produktionen av grönlutslam jämförs med den totala efterfrågan. Utifrån figuren kan ses att den totala efterfrågan är betydligt större än den årliga tillgången. Omkring 5 års produktion uppskattas behövas för att tillgodose det totala behovet.

Det skall också nämnas att den producerade mängden grönlutslam som visas i figur 6.3 är baserad på ideala förhållanden. Det förutsätts att 100 % av den producerade mängden håller tillräcklig kvalitet och att ett efterbehandlingsområde kan ta emot grönlutslam från ett obegränsat antal massabruk åt gången samt att det finns möjligheter att lagra ett års produktion för respektive massabruk. Verkligheten kan dock se annorlunda ut. Det kan vara så att endast ett fåtal massabruk åt gången kan förse ett område med grönlutslam på grund av att grönlutslammet har olika egenskaper beroende på vilket massabruk det kommer ifrån (Mácsik et al., 2017).



Figur 6.3. Tillgång och efterfrågan på grönlutslam. Tillgången presenteras i ton per år, efterfrågan presenteras som den totala efterfrågan för respektive kategori och stapeln total efterfrågan är summan av efterfrågan för kategori 1-3.

Det kan också vara så att mellanlagring utomhus under vinterhalvåret inte är möjligt (Mácsik et al., 2017). Det här skulle innebära att endast den mängd som produceras under sommarhalvåret kan användas. Dessutom kan stora delar av det producerade grönlutslammet brista i kvalitet, exempelvis kan det ha en lägre torrs substans än vad som efterfrågas, vilket resulterar i att det saknar de egenskaper som krävs för att användas i tätskikt (Mácsik et al., 2017). För massaindustrin är grönlutslammet primärt ett avfall och investeringar för att förbättra dess kvalitet är därför inte prioriterade (Annette Nilsson; SCA Munksund, 2017). Dessa faktorer för med sig att skillnaden mellan tillgång och efterfrågan kan vara ännu större i verkligheten. Exempelvis skulle det ta omkring 32 år att förse den totala efterfrågan på grönlutslam om endast 50 % av grönlutslam som produceras under sommarhalvåret kan användas.

I tabell 6.4 och 6.5 presenteras de år respektive somrar som uppskattas behövas för att massabruken ska kunna producera tillräckliga mängder grönlutslam för att sluttäcka samtliga efterbehandlingsområden. De efterbehandlingsområden som ligger söderut är färre i antal men betydligt större än övriga områden, och de tar tillsammans nästan dubbelt så lång tid att sluttäcka som de norra områdena.

Tabell 6.4. Antal år som krävs för att massabruken ska kunna producera tillräckliga mängder grönlutslam för att sluttäcka områdena när ett område i taget prioriteras.

Efterbehandlingsområden	Antal år idealt fall	Antal år 50 % kvalitet
1. Norra områden små	0.6	1.3
2. Norra områden stora	1.2	2.4
3. Södra områden	3.4	6.7
Totalt	5.2	10.4

Utan mellanlagring går det endast att utnyttja det grönlutslam som produceras under sommaren. Detta illustreras i tabell 6.5 som visar att den totala tiden för att sluttäcka områdena ökar

avsevärt om ingen mellanlagring sker (jämför med tabell 6.4). Eftersom sluttäckning endast kan ske under sommaren, motsvarar alltså somrarna de antal år som krävs för att producera tillräckliga mängder för att sluttäcka områdena.

Tabell 6.5. Antal somrar (eller år) som krävs för att massabruken ska kunna producera tillräckliga mängder grönlutslam för att kunna sluttäcka områdena när ett område i taget prioriteras.

Efterbehandlingsområden	Antal somrar idealt fall	Antal somrar 50 % kvalitet
1. Norra områden små	2.0	3.9
2. Norra områden stora	3.6	7.3
3. Södra områden stora	10.2	20.5
Totalt	15.8	31.7

Tabell 6.4 och 6.5 är baserade på antagandet att varje efterbehandlingsområde kan utnyttja grönlutslam från ett obegränsat antal massabruk samtidigt. Som tidigare nämnts kan det förekomma restriktioner i verkligheten. Av praktiska och tekniska skäl, till exempel för att erhålla rätt kvalitet vid blandning, kanske ett område bara kan ta emot grönlutslam från enstaka massabruk åt gången. Detta på grund av att grönlutslam från olika massabruk ofta skiljer sig gällande vatteninnehåll (torrhalten) och genom att blanda grönlutslam från olika massabruk kan det bli svårt att kontrollera att det blandade grönlutslammet uppnår rätt torrhalt som krävs för att kunna använda det i tätskikt (Mácsik et al., 2017). I denna studie har därför antagandet gjorts att ett efterbehandlingsområde kan ta emot grönlutslam från maximalt två massabruk åt gången. Antagandet är gjort i samråd med Josef Mácsik på Ecoloop AB, som har kunskap om tidigare genomförda tester med grönlutslam, och baserat på empirisk erfarenhet rekommenderar att grönlutslam bör användas och blandas från maximalt två massabruk per efterbehandlingsområde. Det här ökar den totala efterbehandlingstiden ytterligare och resultatet blir också att en del massabruk endast kan avsätta delar av det producerade grönlutslammet till Boliden på grund av att maximalt två områden kan leverera grönlutslam till ett efterbehandlingsområde.

6.1.5. Tillvägagångssätt vid val av massabruk för att leverera grönlutslam

Som nämnts i kapitel 6.1.3 delas områdena in i kategorierna *små områden norr*, *stora områden norr* och *stora områden söder* där de sorteras i storleksordning inom varje kategori. Anledningen till att de sorteras i storleksordning är att det antas vara lämpligt att börja efterbehandla de mindre områdena för att efterbehandlingsansvariga därigenom ska hinna lära sig metoden, och kunna öka exempelvis blandningstakten, innan efterbehandling av större områden inleds. Dessutom är metoden fortfarande obeprövat, tester pågår bland annat för ett område i Näsliden som är cirka 4.5 hektar stort (Magnus Filipsson; Boliden, 2017), och det kan därför vara lämpligt att inledningsvis använda metoden för efterbehandling av mindre områden. Detta förutsätter att Boliden inte redan har någon annan prioriteringsordning där vissa områden måste efterbehandlas tidigare av till exempel miljöhänsyn.

Innan arbetet med att välja vilka massabruk som ska leverera grönlutslam till specifika områden kan inledas, måste målet med tilldelningen klargöras. Det är viktigt att redogöra för huruvida fokus ligger på att minimera transportkostnader, efterbehandla samtliga områden så snabbt som möjligt eller se till så att så många massabruk som möjligt kan avsätta sitt grönlutslam.

I denna studie väljs huvudfokus till att minimera transportkostnader och att minska den totala tiden för efterbehandling. Utifrån dessa huvudområden har en prioriteringslista skapats som följs vid val av massabruk för leverans av grönlutslam. Se nedan för en beskrivning av prioriteringsordningen.

Prioriteringsordning

1. Det närmaste massabruk vars produktion är tillräcklig för att förse området på ett år (eller en sommar) väljs
2. De närmaste två massabruken vars produktion tillsammans är tillräcklig för att förse området på ett år (eller en sommar) väljs
3. Det närmaste massabruket som kan förse området på två år (eller två somrar) väljs
4. De två massabruk som kan förse området snabbast möjligt under flera år (eller flera somrar) väljs

Avstånden med lastbil uppskattas med hjälp av avståndsmätaren i Google Maps och avstånden längs järnväg uppskattas med hjälp av trafikverkets avgiftskalkylator, som är ett verktyg som bland annat kan beräkna längden på olika järnvägssträckor (www.jvk.trafikverket.se). Se bilaga 4 för listor över avstånd mellan olika massabruk, efterbehandlingsområden och mellanlager. För steg 4 i prioriteringsordningen avrundas åren som det uppskattas ta för att leverera tillräckliga mängder uppåt. För konkurrerande massabruk vilka uppskattas behöva samma tid i år för att uppfylla efterfrågan väljs det massabruk som ligger närmast området i fråga. Prioriteringsreglerna följs för varje scenario, utom när de minimala och maximala kostnaderna med lastbil beräknas, då används enbart det massabruk som ligger närmast respektive längst ifrån varje område.

6.1.6. Antaganden vid val av massabruk för leverans av grönlutslam

Vid tilldelningen av massabruk för att leverera grönlutslam till de olika områdena görs ett antal antaganden och avgränsningar. Syftet är att underlätta arbetet och skapa scenarion som tar hänsyn till verkliga omständigheter. Gjorda antaganden vid utveckling av transportsценarion presenteras nedan.

- Maximalt två massabruk får förse ett efterbehandlingsområde med grönlutslam, på grund av ökad risk för att tätskiktet inte uppfyller funktionskraven vid användning av grönlutslam från fler än två massabruk
- Endast 50 % av det producerade grönlutslammet antas hålla tillräcklig kvalitet för att användas i tätskikt
- För scenarion utan mellanlagring kan endast det grönlutslam som massabruken producerar under sommaren användas
- Efterbehandling sker under perioden maj-augusti
- Boliden efterbehandlar maximalt två områden åt gången
- Mellanlagring av grönlutslam kan ske under maximalt ett år, på grund av att det råder osäkerhet i hur grönlutslammet påverkas av att lagras under en längre tid
- Blandningskapaciteten på varje efterbehandlingsområde antas vara obegränsad och kan därför inte utgöra en flaskhals, anledningen till detta är att blandningskapaciteten kan vara svår att uppskatta då den varierar beroende på blandningsmetod och erfarenhet (Mácsik et al., 2017)

6.2. Förslag på logistiksystem för norra områden

6.2.1. Sammanfattning av transportsценарion och antaganden

I tabell 6.6. presenteras en sammanfattning av de transportsценарion som undersöks för de norra områdena.

Tabell 6.6. Lista över transportsценарion som studeras för de norra områdena.

Transportsценарion för små och stora områden norrut
1. Direkt transport med lastbil (referensscenariot)
2. Direkt transport med lastbil minsta möjliga avstånd
3. Direkt transport med lastbil största möjliga avstånd
4. Transport med lastbil till och från mellanlager Skellefteå hamn
5. Transport med båt till och med lastbil från mellanlager Skellefteå hamn
6. Transport med tåg till och med lastbil från mellanlager Skellefteå hamn
7. Transport med tåg till och med lastbil från mellanlager Bastuträsk

Tilldelningen av massabruk för leverans av grönlutslam ser likadan ut för samtliga scenarion som innefattar mellanlagring. Det innebär att den ser likadan ut för fallen med mellanlagring i Skellefteå hamn och för fallet med mellanlagring i Bastuträsk.

För varje scenariot väljs massabruk för leverans av grönlutslam enligt prioriteringsreglerna som presenterats i kapitel 6.1.5 och de antaganden som gjorts i kapitel 6.1.6 följs också. De undersökta fallen presenteras mer ingående under efterföljande rubriker i detta kapitel. I tabell 6.7 visas de maximala mängder grönlutslam av tillräcklig kvalitet som varje massabruk antas kunna leverera.

Tabell 6.7. Den maximala mängden grönlutslam av tillräcklig kvalitet som respektive massabruk antas kunna leverera per år eller per sommar.

Massabruk	Årsproduktion 50% (ton)	Produktion 50% sommar (ton)
1. SCA Munksund	≤ 550	≤ 181
2. SCA Obbola	≤ 800	≤ 263
3. Domsjö fabriker	≤ 2000	≤ 657
4. BillerudKorsnäs	≤ 4500	≤ 1479
5. Smurfit Kappa	≤ 4500	≤ 1479
6. Mondi Dynäs	≤ 4750	≤ 1561
Totalt	≤ 17 100	≤ 5622

6.2.2. Direkt transport med lastbil

Scenariot ska motsvara den enklast möjliga logistiklösningen vilket innebär att grönlutslammet transporteras till områdena utan att mellanlagras. Scenariot fungerar också som en referens mot vilken andra transportsценарion kan jämföras. Då det inte finns något mellanlager är endast det grönlutslam som massabruken producerar under sommarhalvåret tillgängligt för efterbehandling för detta scenariot.

I tabell 6.8 och 6.9 ses vilka massabruk som väljs för att försörja områdena med grönlutslam och vilka mängder de levererar.

Tabell 6.8. Val av massabruk för att leverera grönslutslam till små områden norrut, hur mycket varje massabruk ska leverera och när i tid respektive efterbehandling förväntas påbörjas och slutföras.

Område	Behöver (ton)	Massabruk 1	Massabruk 2	1 Levererar (ton)	2 Levererar (ton)	Påbörjas, slutförs (år)
1. Slagnäs	1500	5. Smurfit Kappa		1500		1,1
2. Långdal	2000	4. BillerudKorsnäs	3. Domsjö fabriker	1500	500	1,1
3. Långsele	2000	5. Smurfit Kappa	4. BillerudKorsnäs	1500	500	2,2
4. Kimheden	2000	3. Domsjö fabriker	6. Mondi Dynäs	700	1300	2,2
5. Rävliemyr	3000	5. Smurfit Kappa	4. BillerudKorsnäs	1500	1500	3,3
6. Rävlieden	3500	1. SCA Munksund	6. Mondi Dynäs	400	3100	3,4
7. Holmtjärn	4000	5. Smurfit Kappa	4. BillerudKorsnäs	3000	1000	4,5
8. Kristineberg	4000	3. Domsjö fabriker	6. Mondi Dynäs	1300	2700	5,6

Tabell 6.9. Val av massabruk för att leverera grönslutslam till stora områden norrut, hur mycket varje massabruk ska leverera och när i tid respektive efterbehandling förväntas påbörjas och slutföras.

Område	Behöver (ton)	Massabruk 1	Massabruk 2	1 Levererar (ton)	2 Levererar (ton)	Påbörjas, slutförs (år)
9. Udden	13000	5. Smurfit Kappa	4. BillerudKorsnäs	7400	5600	1,5
10. Laisvall	13000	3. Domsjö fabriker	6. Mondi Dynäs	4000	9000	1,6
11. Maurlieden	15000	5. Smurfit Kappa	4. BillerudKorsnäs	7600	7400	6,10

6.2.3. Direkt transport med lastbil minsta möjliga avstånd

Syftet med det här scenariot är att ta reda på de minsta kostnaderna för direkt transport med lastbil. Genom att undersöka dessa kostnader är det möjligt att ta reda på om det är värt att satsa på att optimera transporterna utifrån ett totalkostnadsperspektiv. Scenariot innebär att det massabruk som ligger närmast respektive efterbehandlingsområde väljs för leverans av grönslutslam, oavsett hur lång tid det kommer ta att förse den totala efterfrågan.

Se tabell 6.10 och 6.11 för information om när i tid efterbehandling förväntas påbörjas och slutföras för varje område.

Tabell 6.10. Val av massabruk för att leverera grönslutslam till små områden norrut, hur mycket massabruket ska leverera och när i tid respektive efterbehandling förväntas påbörjas och slutföras.

Område	Behöver (ton)	Massabruk 1	Avstånd 1 (km)	Levererar (ton)	Påbörjas, slutförs (år)
1. Slagnäs	1500	5. Smurfit Kappa	176	1500	1,1
2. Långdal	2000	5. Smurfit Kappa	117	2000	2,3
3. Långsele	2000	5. Smurfit Kappa	112	2000	3,4
4. Kimheden	2000	5. Smurfit Kappa	191	2000	4,5
5. Rävliemyr	3000	5. Smurfit Kappa	191	3000	6,7
6. Rävlieden	3500	5. Smurfit Kappa	190	3500	8,10
7. Holmtjärn	4000	5. Smurfit Kappa	131	4000	10,13
8. Kristineberg	4000	5. Smurfit Kappa	186	4000	13,15

Tabell 6.11. Val av massabruk för att leverera grönslutslam till stora områden norrut, hur mycket massabruket ska leverera och när i tid respektive efterbehandling förväntas påbörjas och slutföras.

Område	Behöver (ton)	Massabruk 1	Avstånd 1 (km)	Levererar (ton)	Påbörjas, slutförs (år)
9. Udden	13000	5. Smurfit Kappa	109	13000	1,9
10. Laisvall	13000	5. Smurfit Kappa	249	13000	10,18
11. Maurlieden	15000	5. Smurfit Kappa	136	15000	19,28

6.2.4. Direkt transport med lastbil största möjliga avstånd

Syftet med det här scenariot är detsamma som för det som undersöker de minimala kostnaderna. Genom att ta reda på de minimala och maximala kostnaderna för att transportera grönslutslam direkt med lastbil kan ett intervall skapas inom vilket transportkostnaderna uppskattas ligga. Scenariot innebär att det massabruk som ligger längst bort från respektive efterbehandlingsområde väljs för leverans av grönslutslam, oavsett hur lång tid det kommer ta att förse den totala efterfrågan.

För det maximala fallet får alla efterbehandlingsområden grönslutslam från Mondi Dynäs. Se tabell 6.12 och 6.13 för information om när i tid efterbehandling av varje område förväntas påbörjas och slutföras.

Tabell 6.12. Val av massabruk för att leverera grönslutslam till små områden norrut, hur mycket massabruket ska leverera och när i tid respektive efterbehandling förväntas påbörjas och slutföras.

Område	Behöver (ton)	Massabruk 1	Avstånd 1 (km)	Levererar (ton)	Påbörjas, slutförs (år)
1. Slagnäs	1500	6. Mondi Dynäs	413	1500	1,1
2. Långdal	2000	6. Mondi Dynäs	344	2000	2,3
3. Långsele	2000	6. Mondi Dynäs	346	2000	3,4
4. Kimheden	2000	6. Mondi Dynäs	334	2000	4,5
5. Rävliemyr	3000	6. Mondi Dynäs	333	3000	5,7
6. Rävlieden	3500	6. Mondi Dynäs	332	3500	7,9
7. Holmtjärn	4000	6. Mondi Dynäs	355	4000	10,12
8. Kristineberg	4000	6. Mondi Dynäs	329	4000	12,15

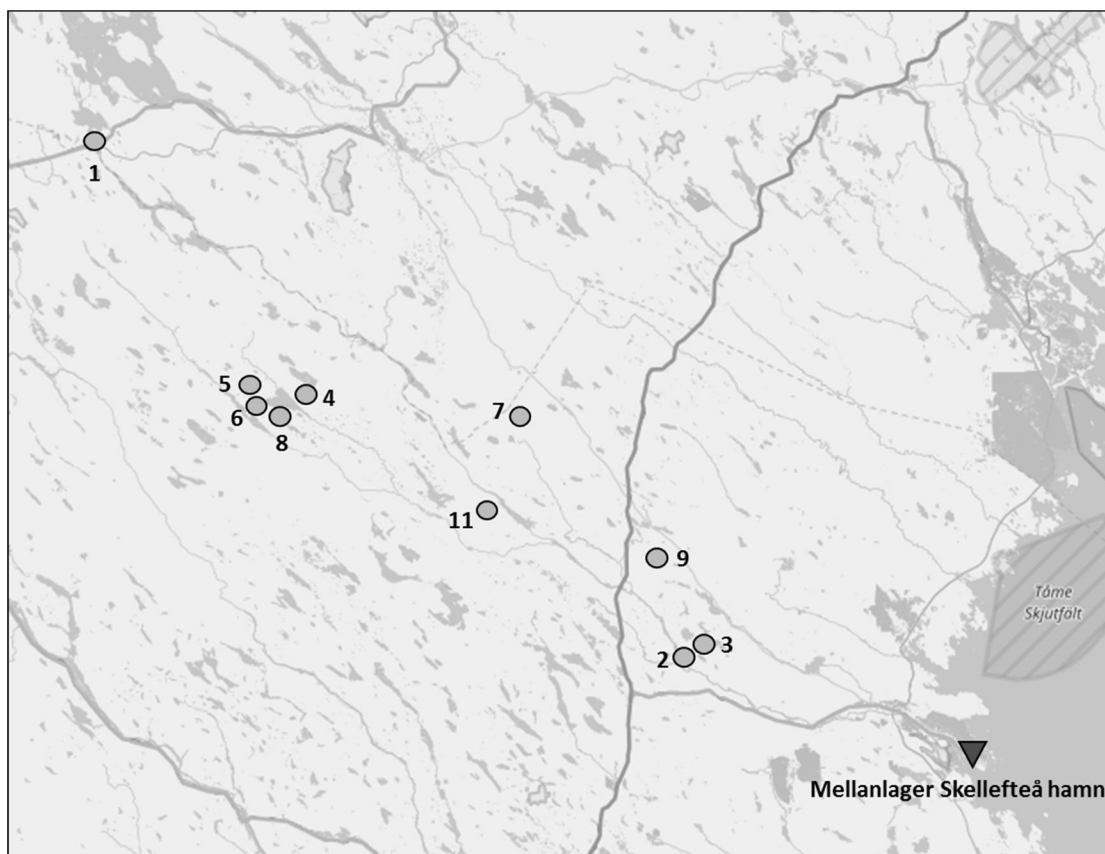
Tabell 6.13. Val av massabruk för att leverera grönslutslam till stora områden norrut, hur mycket massabruket ska leverera och när i tid respektive efterbehandling förväntas påbörjas och slutföras.

Område	Behöver (ton)	Massabruk 1	Avstånd 1 (km)	Levererar (ton)	Påbörjas, slutförs (år)
9. Udden	13000	6. Mondi Dynäs	376	13000	1,9
10. Laisvall	13000	6. Mondi Dynäs	478	13000	10,18
11. Maurlieden	15000	6. Mondi Dynäs	350	15000	19,28

6.2.5. Transport till mellanlager i Skellefteå hamn

Anledningen till att Skellefteå hamn har valts som en eventuell plats för mellanlagring är att det frigör möjligheter att transportera grönslutslammet både med lastbil, båt och tåg till mellanlagret. Dessutom ligger Skellefteå förhållandevis nära merparten av efterbehandlingsområdena. Då alla massabruk ser ut att ha direkt anslutning till järnväg (enligt kartor på Google Maps) är det möjligt att transport via järnväg är en bra lösning.

Se figur 6.4 för var mellanlagret är placerat och för en överblick över järnvägsnätet. För detta alternativ undersöks tre transportsценарion vilka är transport till mellanlagret med lastbil, båt eller tåg. För varje transportsценарion transporteras grönslutslammet med lastbil från mellanlagret till efterbehandlingsområdena. I tabell 6.14 och 6.15 presenteras vilka massabruk som ska leverera till de små områdena och de stora områdena.



Figur 6.4. Placering av mellanlager i Skellefteå hamn (triangel) (Ursprungsbild: www.openrailwaymap.org). Den orange linjen är stambanan genom övre Norrland och gula linjer är anslutningslinjer.

Tabell 6.14. Val av massabruk för att leverera grönlutslam till små områden norrut, hur mycket varje massabruk ska leverera och när i tid respektive efterbehandling förväntas påbörjas och slutföras.

Område	Behöver (ton)	Massabruk 1	1 Levererar (ton)	Påbörjas, slutförs (år)
1. Slagnäs	1500	5. Smurfit Kappa	1500	1,1
2. Långdal	2000	5. Smurfit Kappa	2000	1,1
3. Långsele	2000	5. Smurfit Kappa	2000	2,2
4. Kimheden	2000	5. Smurfit Kappa	2000	2,2
5. Rävliedmyr	3000	4. BillerudKorsnäs	3000	3,3
6. Rävlieden	3500	5. Smurfit Kappa	3500	3,3
7. Holmtjärn	4000	5. Smurfit Kappa	4000	4,4
8. Kristineberg	4000	4. BillerudKorsnäs	4000	4,4

Tabell 6.15. Val av massabruk för att leverera grönlutslam till stora områden norrut, hur mycket varje massabruk ska leverera och när i tid respektive efterbehandling förväntas påbörjas och slutföras.

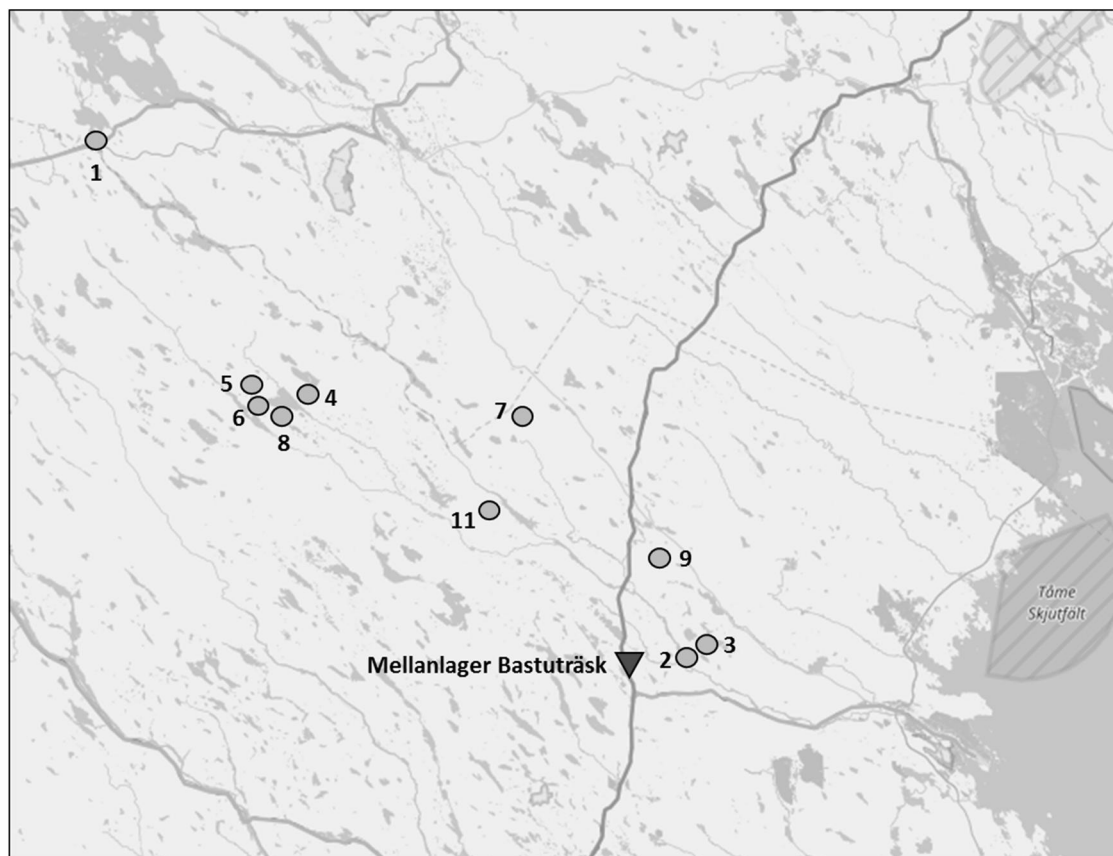
Område	Behöver (ton)	Massabruk 1	Massabruk 2	1 Levererar (ton)	2 Levererar (ton)	Påbörjas, slutförs (år)
9. Udden	13000	5. Smurfit Kappa	4. BillerudKorsnäs	9000	4000	1,2
10. Laisvall	13000	3. Domsjö fabriker	6. Mondi Dynäs	4000	9000	1,2
11. Maurlieden	15000	5. Smurfit Kappa	4. BillerudKorsnäs	9000	6000	2,3

6.2.6. Transport till mellanlager i Bastuträsk

I kr per ton och km (kr/ton, km) antas transportkostnaden med tåg endast utgöra 20 % av transportkostnaden med lastbil, dessa siffror kommer från en rapport av Sveriges geologiska undersökning (2017), se kapitel 7.1 för en lista med de uppskattade kostnadsdrivarna. Därför är det fördelaktigt att transportera grönslutslam så långt som möjligt med tåg om det andra transportalternativet är lastbil. Av denna anledning väljs Bastuträsk som en möjlig plats för mellanlagring, se figur 6.5. Orten har direkt anslutning till järnväg och ligger förhållandevis nära merparten av efterbehandlingsområdena, vilket innebär att grönslutslammet kan transporteras långa sträckor med tåg.

Att just Bastuträsk väljs som plats för mellanlagring, och inte Jörn eller någon annan plats mellan dessa stationer, som egentligen kanske ligger bättre till, är att en logistikterminal i anslutning till järnvägen i Bastuträsk har hittats. Denna heter *Bastuträskterminalen* (www.bastutraskterminalen.se) och kan eventuellt lämpa sig väl för att hantera grönslutslam. Ytterligare en anledning till att mellanlagra i en mindre ort som Bastuträsk är att lagringsytor kan vara billigare här än i Skellefteå hamn, vilket för med sig minskade lagerföringskostnader.

Transport till mellanlagret i Bastuträsk sker med tåg och från mellanlagret till efterbehandlingsområdena sker transporten med lastbil. Tilldelningen av massabruk för leverans av grönslutslam till efterbehandlingsområden är likadan som för scenariot med mellanlager i Skellefteå, se tabell 6.14 och 6.15 för hur denna ser ut. I figur 6.5 visas var mellanlagret har placerats och en överblick över järnvägsnätet.



Figur 6.5. Placering av mellanlager i Bastuträsk (triangel) (Ursprungsbild: www.openrailwaymap.org). Orange linje är stambanan genom övre Norrland och gula linjer är anslutningslinjer.

6.3. Förslag på logistiksystem för södra områden

6.3.1. Sammanfattning av transportscenarion och antaganden

I tabell 6.16. presenteras en sammanfattning av de transportscenarion som undersöks för de södra områdena.

Tabell 6.16. Lista över transportscenarion som studeras för de södra områdena.

Transportscenarion för stora områden söderut
1. Direkt transport med lastbil
2. Direkt transport med lastbil minsta möjliga avstånd
3. Direkt transport med lastbil största möjliga avstånd
4. Transport med tåg till och med lastbil från mellanlager i Ånge och Storvik

Precis som för de norra områdena väljs massabruk för leverans av grönlutsam enligt prioriteringsreglerna som presenterats i kapitel 6.1.5 och de antaganden som gjorts i kapitel 6.1.6 följs också.

De södra områdena är så pass stora att direkt leverans av grönlutsam utan mellanlagring antas vara orimligt. Detta då tiden för att sluttäcka områdena blir alldeles för stor om endast det grönlutsam som produceras under sommaren kan användas. Därför antas massabruken kunna leverera åtminstone 50 % av årsproduktionen. Grönlutsammet antas på grund av detta kunna lagras på eller i närheten av massabruken eller efterbehandlingsområdena för scenarion med direkt transport. De undersökta fallen presenteras mer ingående under efterföljande rubriker i detta kapitel.

De södra områdena antas endast kunna förses av de massabruk som är belägna längst söderut (SCA Obbola, Domsjö fabriker och Mondi Dynäs). Övriga massabruk bedöms, utan närmare beräkningar, ligga för långt norrut för att det ska vara ekonomiskt motiverbart att leverera från dessa till de södra områdena. I tabell 6.17 visas de maximala mängder grönlutsam av tillräcklig kvalitet som massabruken, som ska förse de södra områdena, antas kunna leverera per år.

Tabell 6.17. Den maximala mängden grönlutsam av tillräcklig kvalitet som massabruken som ska förse de södra områdena antas kunna leverera per år.

Massabruk	Årsproduktion 50% (ton)
2. SCA Obbola	≤ 800
3. Domsjö fabriker	≤ 2000
6. Mondi Dynäs	≤ 4750
Totalt	≤ 7 550

6.3.2. Direkt transport med lastbil

Scenariot ska motsvara den enklast möjliga logistiklösningen vilket innebär att grönslutslammet transporteras till områdena utan att det mellanlagras på vägen. Detta alternativ väljs som referens vid jämförande totalkostnadsanalys med övriga logistiklösningar. Se tabell 6.18 för information om vilka massabruk som väljs för att leverera grönslutslam till områdena för detta scenario.

Tabell 6.18. Val av massabruk för att leverera grönslutslam till stora områden söderut, hur mycket varje massabruk ska leverera och när i tid respektive efterbehandling förväntas påbörjas och slutföras.

Område	Behöver (ton)	Massabruk 1	Massabruk 2	1 Levererar (ton)	2 Levererar (ton)	Påbörjas, slutförs (år)
12. Enåsen	25000	6. Mondi Dynäs	3. Domsjö fabriker	19000	6000	1,4
13. Garpenberg	25000	6. Mondi Dynäs	3. Domsjö fabriker	19000	6000	4,7
14. Vassbo	65000	6. Mondi Dynäs	3. Domsjö fabriker	47500	17500	7,16

6.3.3. Direkt transport med lastbil minsta möjliga avstånd

Syftet med detta scenario är att ta reda på de minimala kostnaderna för att transportera grönslutslam med lastbil. Genom att ta reda på de minimala och maximala kostnaderna för att transportera grönslutslam direkt med lastbil kan ett intervall skapas inom vilket transportkostnaderna kan uppskattas ligga. Scenariot innebär att det massabruk som ligger närmast respektive efterbehandlingsområde väljs för leverans av grönslutslam, oavsett hur lång tid det kommer ta att förse den totala efterfrågan. Se tabell 6.19 för vilket bruk som ligger närmast och därmed har valts för att leverera grönslutslam till områdena.

Tabell 6.19. Val av massabruk för att leverera grönslutslam till stora områden söderut, hur mycket massabruket ska leverera och när i tid respektive efterbehandling förväntas påbörjas och slutföras.

Område	Behöver (ton)	Massabruk 1	Avstånd 1 (km)	Levererar (ton)	Påbörjas, slutförs (år)
12. Enåsen	25000	6. Mondi Dynäs	256	25000	1,6
13. Garpenberg	25000	6. Mondi Dynäs	390	25000	6,11
14. Vassbo	65000	6. Mondi Dynäs	455	65000	12,25

6.3.4. Direkt transport med lastbil största möjliga avstånd

Syftet med det här scenariot är liknande som för det som undersöker de minimala kostnaderna. Skillnaden är att i detta scenario väljs det massabruk som ligger längst bort från respektive efterbehandlingsområde för leverans av grönslutslam, oavsett hur lång tid det kommer ta att förse den totala efterfrågan. Genom att ta reda på de minimala och maximala kostnaderna för att transportera grönslutslam direkt med lastbil kan ett intervall skapas inom vilket transportkostnaderna kan uppskattas ligga.

SCA Obbola används som leverantör av grönslutslam för det maximala fallet. Detta trots att det finns massabruk som ligger längre bort, men då avståndet till dessa är så pass mycket längre antas det vara orimligt att leverera grönslutslam från massabruk som ligger längre norrut än SCA Obbola. Se tabell 6.20 för information om när i tid efterbehandling av respektive område förväntas påbörjas och slutföras med grönslutslam från SCA Obbola.

Tabell 6.20. Val av massabruk för att leverera grönlutslam till stora områden söderut, hur mycket massabruket ska leverera och när i tid respektive efterbehandling förväntas påbörjas och slutföras.

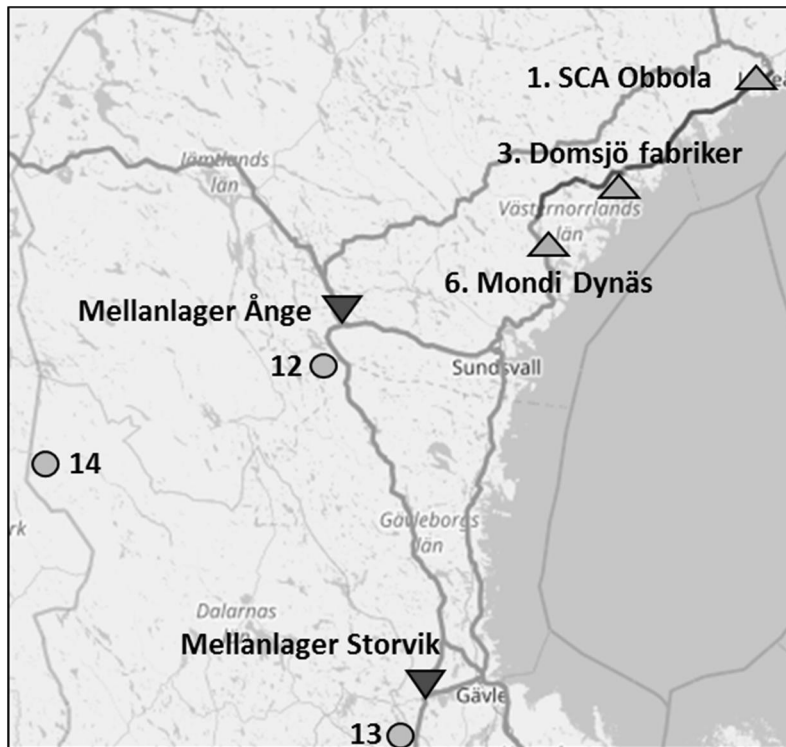
Område	Behöver (ton)	Massabruk 1	Levererar (ton)	Påbörjas, slutförs (år)
12. Enåsen	25000	2. SCA Obbola	25000	1,32
13. Garpenberg	25000	2. SCA Obbola	25000	33,62
14. Vassbo	65000	2. SCA Obbola	65000	63,144

6.3.5. Tåg till mellanlager i Ånge och Storvik

I kr per ton och km (kr/ton, km) antas transportkostnaden med tåg endast utgöra 20 % av transportkostnaden med lastbil, dessa siffror kommer från en rapport av Sveriges geologiska undersökning (2017), se kapitel 7.1 för en lista med de uppskattade kostnadsdrivarna. Därför är det fördelaktigt att transportera grönlutslam så långt som möjligt med tåg om det andra transportalternativet är lastbil. Av den anledningen upprättas mellanlager i Ånge och Storvik då detta för med sig att grönlutsammets kan färdas långa sträckor med tåg och korta sträckor med lastbil. Att mellanlagren placerats i just Ånge och Storvik är på grund av att dessa orter verkar ha tillgång till tågterminaler där grönlutsammets kan av- och pålastas. Det finns några stationer som ligger ännu närmare efterbehandlingsområdena än de valda orterna. Anledningen till att dessa inte väljs för mellanlagring är att det är osäkert hur lagringsmöjligheterna ser ut på dessa platser. Dessutom bedöms skillnaderna i transportkostnader, utan närmare beräkningar, vara relativt små om stationer närmare efterbehandlingsområdena hade valts. Detta på grund av att Ånge och Storvik redan ligger nära de områden som de ska förse med grönlutslam.

Grönlutslam som ska levereras till efterbehandlingsområde nummer 12 (Enåsen) och nummer 14 (Vassbo) transporteras med tåg till och med lastbil från ett mellanlager i Ånge. Grönlutslam som ska levereras till område nummer 13 (Garpenberg) transporteras med tåg till och med lastbil från ett mellanlager i Storvik. Se figur 6.7 för en karta som visar hur mellanlagren är placerade i relation till järnvägsnätet. Båda mellanlager förutsätts ha direkt tillgång till järnvägen.

Tilldelningen av massabruk för leverans till områdena är densamma som för scenariot med transport direkt med lastbil, se tabell 6.18 för information om hur denna ser ut.



Figur 6.7. Placering av mellanlager i Ånge och Storvik (symboler för mellanlager). De orange och röda linjerna illustrerar järnvägsnätet (Ursprungsbild: www.openrailwaymap.org).

7. TOTALKOSTNADSANALYS

7.1. Tillvägagångssätt och antaganden vid beräkningar

De kostnadsdrivare som tagits fram i kapitel 5.1.1–5.1.3 kvantifieras i tabell 7.1. Samtliga kostnadsdrivare som har kvantifierats kommer från en rapport av Sveriges Geologiska Undersökning i vilken kostnader för att efterbehandla gruvområden har uppskattats (Sveriges Geologiska Undersökning, 2017). Rapporten är framtagen på uppdrag av regeringen med syfte att kartlägga efterbehandlingskostnader och den framtagna kostnadsinformationen ses därför som lämplig att använda i detta arbete.

Alla identifierade kostnadsdrivare har kvantifierats, förutom lagerföringskostnaden för grönlutslam. Detta på grund av att denna kan variera kraftigt beroende på var grönlutslammet lagras och vilka krav som ställs på lagermiljön (Pär Odén; Ragn-Sells, 2017). Exempelvis bör frågor gällande huruvida grönlutslam måste lagras under tak eller inomhus under vinterhalvåret besvaras innan kostnaderna kan uppskattas. Dessutom kan kostnader för lagerytor variera beroende på var det är lokaliserat och vilken aktör som ansvarar för lagret.

Kostnadsdrivare	Storlek	Enhet
Utgrävning morän	13	kr/ton
Sortering morän	6	kr/ton
Transport morän (dumper)	4.5	kr/ton, km
Utläggning tätskikt	15	kr/ton
Transport lastbil (grönlutslam)	1	kr/ton, km
Transport tåg (grönlutslam)	0.2	kr/ton, km
Transport båt (grönlutslam)	35	kr/ton
Blandning med morän	40	kr/ton
Materialkostnad bentonit	2500	kr/ton
Hantering grönlutslam	5	kr/ton
Lagerföringskostnad grönlutslam	-	kr/ton

Tabell 7.1. Kvantifiering av kostnadsdrivare för efterbehandling med tät morän, bentonit eller grönlutslam (Sveriges geologiska undersökning, 2017).

Transportkostnaden med båt som kan ses i tabell 7.1 antas vara oberoende av transportsträckan förutsatt att denna sker inom Östersjön och till och från hamnar som ligger i Sverige. Kostnaden beror alltså endast av antal ton grönlutslam som fraktas med båt.

Moräntransport sker med dumper och kostnaderna för dessa är 4.5 kr/ton, km (se tabell 7.1). Vid beräkning av kostnader för efterbehandling med tät morän antas denna ligga inom ett avstånd på 5 km från respektive efterbehandlingsområde. Vanlig morän, som blandas med inblandningsmaterial, antas ligga inom ett avstånd på 1 km från respektive efterbehandlingsområde.

I materialkostnaden för bentonit som ligger på 2500 kr/ton (se tabell 7.1) antas transport av materialet till efterbehandlingsområdena ingå. Andelen bentonit som måste blandas in utgör omkring 5 % av den totala vikten (Sveriges geologiska undersökning, 2017). Mängden grönlutslam som behövs utgör omkring 10 % av den behövda mängden morän (Mácsik et al., 2017).

I figur 7.1–7.3 presenteras hur beräkningarna av de totala kostnaderna för de tre olika efterbehandlingsmetoderna har genomförts. För samtliga efterbehandlingsmetoder beräknas kostnaderna för kategorierna *små områden norrut*, *stora områden norrut* och *stora områden söderut* separat.

KOSTNADER TÄT MORÄN

Total utgrävningskostnad = utgrävningskostnad/ton * ton morän

Total sorteringskostnad = sorteringskostnad/ton * ton morän

Total transportkostnad = (transportkostnad/ton, km) * ton morän * antal km

Total utläggningskostnad = utläggningskostnad/ton * ton morän

Totala kostnader tät morän = summa av ovanstående

Figur 7.1. Tillvägagångssätt vid beräkning av kostnader för efterbehandling med tät morän.

KOSTNADER BENTONIT

Total utgrävningskostnad morän = utgrävningskostnad/ton * ton morän

Total sorteringskostnad morän = sorteringskostnad/ton * ton morän

Total transportkostnad morän = (transportkostnad/ton, km) * ton morän * antal km

Total materialkostnad bentonit = materialkostnad/ton * ton bentonit

Total blandningskostnad = blandningskostnad/ton * ton morän

Total utläggningskostnad = utläggningskostnad/ton * ton morän

Totala kostnader bentonit = summa av ovanstående

Figur 7.2. Tillvägagångssätt vid beräkning av kostnader för efterbehandling med bentonit.

KOSTNADER GRÖNLUTSLAM

Total utgrävningskostnad morän = utgrävningskostnad/ton * ton morän

Total sorteringskostnad morän = sorteringskostnad/ton * ton morän

Total transportkostnad morän = (transportkostnad/ton, km) * ton morän * antal km

(*) Total hanteringskostnad grönlutslam = hanteringskostnad/ton * ton grönlutslam

(**) Total transportkostnad grönlutslam = (transportkostnad/ton, km) * ton grönlutslam * antal km

Total blandningskostnad = blandningskostnad/ton * ton morän

Total utläggningskostnad = utläggningskostnad/ton * ton morän

Totala kostnader grönlutslam = summa av ovanstående

*Figur 7.3. Tillvägagångssätt vid beräkning av kostnader för efterbehandling med grönlutslam.
* Total hanteringskostnad innefattar på- och avlastning vid massabruk, mellanlager och efterbehandlingsområde. ** Total transportkostnad innefattar transport till och från mellanlager.*

7.2. Uppskattning av alternativkostnader för tätskikt

7.2.1. Kostnader för efterbehandling med tät morän

I figur 7.4 presenteras samtliga kostnadsposter för konstruktion av tätskikt med enbart tät morän. De ifyllda rutorna är kostnader som har kvantifierats.



Figur 7.4. Kostnadsposter vid konstruktion av tätskikt med tät morän. Ifyllda rutor motsvarar kostnader som har kvantifierats.

I tabell 7.2–7.4 presenteras kostnaderna för efterbehandling med tät morän för alla områdeskategorier. För alla områden antas att tät morän finns tillgängligt 5 km från samtliga efterbehandlingsområden. I tabellerna kan ses att moräntransporterna är den största kostnadsposten som utgör 40 % av de totala kostnaderna.

Tabell 7.2. Kostnader för efterbehandling av små områden norrut med tät morän.

TÄT MORÄN SMÅ OMRÅDEN NORR			
Kostnadsposter	Totala kostnader (kr)	Kostnad (kr/m ²)	Procentandel
Utgrävning	2,860,000 kr	13 kr	23%
Sortering	1,320,000 kr	6 kr	11%
Transport	4,950,000 kr	23 kr	40%
Utläggning	3,300,000 kr	15 kr	27%
Totala kostnader	12,430,000 kr	57 kr	100%

Tabell 7.3. Kostnader för efterbehandling av stora områden norrut med tät morän.

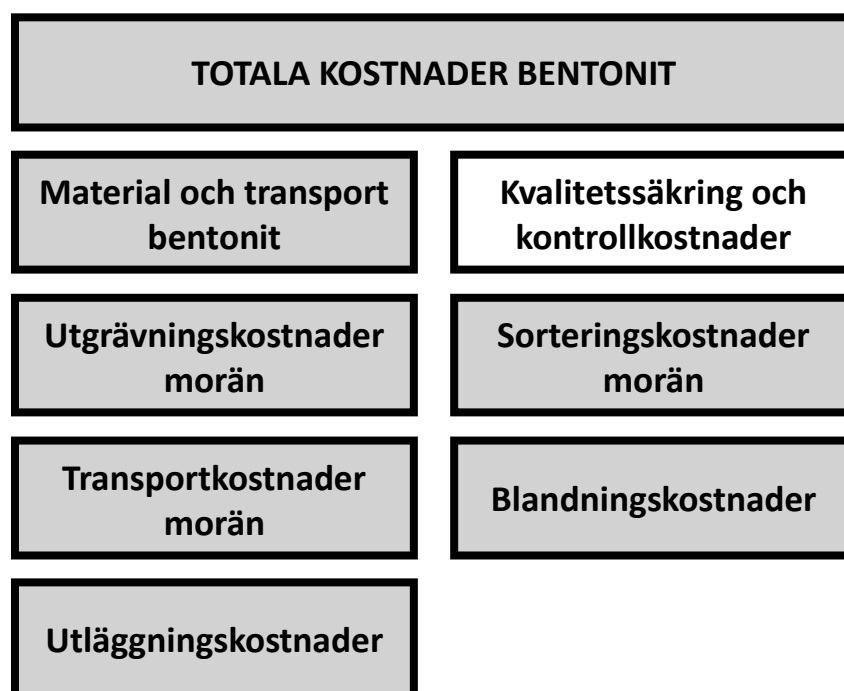
TÄT MORÄN STORA OMRÅDEN NORR			
Kostnadsposter	Totala kostnader (kr)	Kostnad (kr/m ²)	Procentandel
Utgrävning	5,330,000 kr	13 kr	23%
Sortering	2,460,000 kr	6 kr	11%
Transport	9,225,000 kr	23 kr	40%
Utläggning	6,150,000 kr	15 kr	27%
Totala kostnader	23,165,000 kr	57 kr	100%

Tabell 7.4. Kostnader för efterbehandling av stora områden söderut med tät morän.

TÄT MORÄN STORA OMRÅDEN SÖDER			
Kostnadsposter	Totala kostnader (kr)	Kostnad (kr/m ²)	Procentandel
Utgrävning	14,950,000 kr	13 kr	23%
Sortering	6,900,000 kr	6 kr	11%
Transport	25,875,000 kr	23 kr	40%
Utläggning	17,250,000 kr	15 kr	27%
Totala kostnader	64,975,000 kr	57 kr	100%

7.2.2. Kostnader för efterbehandling med bentonit

I figur 7.5 presenteras samtliga kostnadsposter för konstruktion av tätskikt med bentonit. De ifyllda rutorna är kostnader som har kvantifierats.



Figur 7.5. Kostnadsposter vid konstruktion av tätskikt med tät morän och bentonit. Ifyllda rutor motsvarar kostnader som har kvantifierats.

I tabell 7.5–7.7 presenteras kostnaderna för efterbehandling med bentonit för alla områdeskategorier. I tabellerna kan ses att materialkostnaden för bentonit är den avsevärt största kostnadsposten med en andel motsvarande cirka 62 % av de totala kostnaderna. För bentonit antas transportkostnaden ingå i materialkostnaden (Sveriges Geologiska Undersökning, 2017).

Tabell 7.5. Kostnader för efterbehandling av små områden norrut med bentonit.

BENTONIT SMÅ OMRÅDEN NORR			
Kostnadsposter	Totala kostnader (kr)	Kostnad (kr/m²)	Procentandel
Materialkostnad bentonit	27,500,000 kr	125 kr	62%
Utgrävning morän	2,717,000 kr	12 kr	6%
Sortering morän	1,254,000 kr	6 kr	3%
Transport morän	940,500 kr	4 kr	2%
Blandning	8,800,000 kr	40 kr	20%
Utläggning	3,300,000 kr	15 kr	7%
Totala kostnader	44,511,500 kr	202 kr	100%

Tabell 7.6. Kostnader för efterbehandling av stora områden norrut med bentonit.

BENTONIT STORA OMRÅDEN NORR			
Kostnadsposter	Totala kostnader (kr)	Kostnad (kr/m²)	Procentandel
Materialkostnad bentonit	51,250,000 kr	125 kr	62%
Utgrävning morän	5,063,500 kr	12 kr	6%
Sortering morän	2,337,000 kr	6 kr	3%
Transport morän	1,752,750 kr	4 kr	2%
Blandning	16,400,000 kr	40 kr	20%
Utläggning	6,150,000 kr	15 kr	7%
Totala kostnader	82,953,250 kr	202 kr	100%

Tabell 7.7. Kostnader för efterbehandling av stora områden söderut med bentonit.

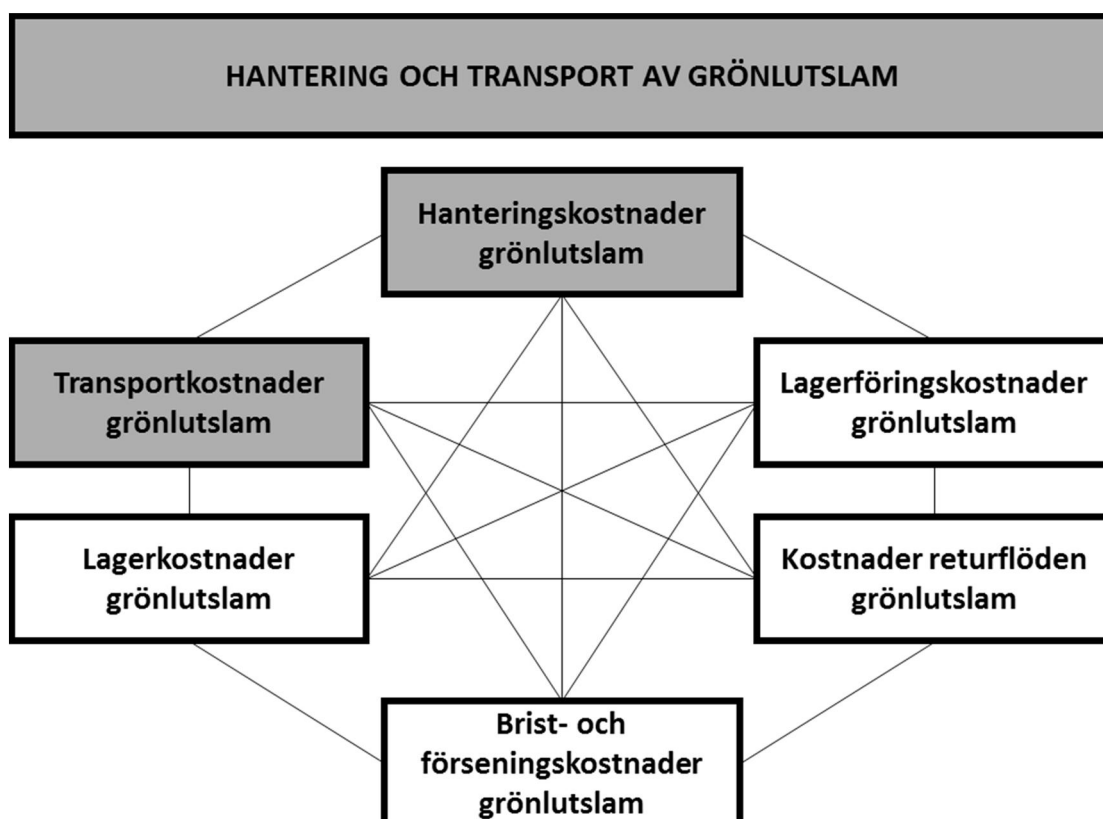
BENTONIT STORA OMRÅDEN SÖDER			
Kostnadsposter	Totala kostnader (kr)	Kostnad (kr/m²)	Procentandel
Materialkostnad bentonit	143,750,000 kr	125 kr	62%
Utgrävning morän	14,202,500 kr	12 kr	6%
Sortering morän	6,555,000 kr	6 kr	3%
Transport morän	4,916,250 kr	4 kr	2%
Blandning	46,000,000 kr	40 kr	20%
Utläggning	17,250,000 kr	15 kr	7%
Totala kostnader	232,673,750 kr	202 kr	100%

7.2.3. Kostnader för efterbehandling med grönlutslam (referensscenario)

I figur 7.6 och figur 7.7 presenteras samtliga kostnadsposter som krävs för att konstruera ett tätskikt med grönlutslam och morän. De ifyllda rutorna är kostnader som har kvantifierats. I figur 7.6 presenteras de kostnadsposter som är relaterade till själva efterbehandlingsprocessen. I figur 7.7 presenteras de kostnader som hör till transport och lagring av grönlutslammet.



Figur 7.6. Kostnadsposter vid konstruktion av tätskikt med grönlutslam. Ifyllda rutor motsvarar kostnader som har kvantifierats.



Figur 7.7. Kostnadsposter för transport och lagring av grönlutslammet. Ifyllda rutor motsvarar kostnader som har kvantifierats.

I tabell 7.8–7.10 presenteras kostnaderna för efterbehandling med grönlutslam med direkt transport med lastbil (scenario 1) för alla områdeskategorier. Direkt transport med lastbil är referensscenariot mot vilket kostnaderna för andra transportskenarion jämförs med i kapitel 7.2.

För varje kategori utgör transport av grönlutslam och blandning av grönlutslam och morän de största kostnadsposterna. Tillsammans utgör de mellan 60-70 % av de totala kostnaderna.

Tabell 7.8. Kostnader för efterbehandling av små områden norrut med grönlutslam.

DIREKT TRANSPORT LASTBIL (REFERENSSCENARIO) SMÅ OMRÅDEN NORR			
Kostnadsposter	Totala kostnader (kr)	Kostnad (kr/m2)	Procentandel
Hantering grönlutslam	220,000 kr	1 kr	1%
Transport grönlutslam	5,423,700 kr	25 kr	24%
Utgrävning morän	2,574,000 kr	12 kr	11%
Sortering morän	1,188,000 kr	5 kr	5%
Transport morän	891,000 kr	4 kr	4%
Blandning	8,800,000 kr	40 kr	39%
Utläggning	3,300,000 kr	15 kr	15%
Totala kostnader	22,396,700 kr	101 kr	100%

Tabell 7.9. Kostnader för efterbehandling av stora områden norrut med grönlutslam.

DIREKT TRANSPORT LASTBIL (REFERENSSCENARIO) STORA OMRÅDEN NORR			
Kostnadsposter	Totala kostnader (kr)	Kostnad (kr/m2)	Procentandel
Hantering grönlutslam	410,000 kr	1 kr	1%
Transport grönlutslam	11,203,600 kr	27 kr	26%
Utgrävning morän	4,797,000 kr	12 kr	11%
Sortering morän	2,214,000 kr	5 kr	5%
Transport morän	1,660,500 kr	4 kr	4%
Blandning	16,400,000 kr	40 kr	38%
Utläggning	6,150,000 kr	15 kr	14%
Totala kostnader	42,835,100 kr	104 kr	100%

Tabell 7.10. Kostnader för efterbehandling av stora områden söderut med grönlutslam.

DIREKT TRANSPORT LASTBIL (REFERENSSCENARIO) STORA OMRÅDEN SÖDER			
Kostnadsposter	Totala kostnader (kr)	Kostnad (kr/m2)	Procentandel
Hantering grönlutslam	1,150,000 kr	1 kr	1%
Transport grönlutslam	47,365,000 kr	41 kr	35%
Utgrävning morän	13,455,000 kr	12 kr	10%
Sortering morän	6,210,000 kr	5 kr	5%
Transport morän	4,657,500 kr	4 kr	3%
Blandning	46,000,000 kr	40 kr	34%
Utläggning	17,250,000 kr	15 kr	13%
Totala kostnader	136,087,500 kr	118 kr	100%

7.3. Jämförande av kostnader logistiklösningar grönlutslam

7.3.1. Små områden norrut

I tabell 7.11 presenteras en sammanfattning av kostnaderna för att transportera grönlutslam direkt med lastbil från massabruken till efterbehandlingsområdena utan mellanlagring, som utgör referensscenariot. I tabell 7.12–7.13 jämförs kostnaderna för övriga scenarion med grundscenariot. Vid jämförelse tas endast hänsyn till de kostnader som förändras för olika scenarion. Dessa är kostnader för transport och hantering av grönlutslam. Lagerkostnader och lagerföringskostnader kommer att uppstå för lösningarna med mellanlager men dessa bortses från då de inte har kvantifierats i denna studie.

Tabell 7.11. Kostnader för att transportera grönlutslam direkt med lastbil. Referensscenario.

GRÖNLUTSLAM	1. Direkt lastbil
Transport grönlutslam	5,423,700 kr
Hantering grönlutslam	220,000 kr
Summa kostnader grönlutslam	5,643,700 kr
Totala kostnader	22,396,700 kr
Total tid för efterbehandling (år)	6 år

Tabell 7.12. De tre scenariona lastbil minimal, lastbil maximal och Skellefteå lastbil jämförs med referensscenariot direkt lastbil (se tabell 7.11).

GRÖNLUTSLAM	2. Lastbil minimal	3. Lastbil maximal	4. Skellefteå lastbil
Transport grönlutslam	3,610,000 kr	7,564,500 kr	5,676,000 kr
Hantering grönlutslam	220,000 kr	220,000 kr	440,000 kr
Summa kostnader grönlutslam	3,830,000 kr	7,784,500 kr	6,116,000 kr
Totala kostnader	20,583,000 kr	24,537,500 kr	22,869,000 kr
Skillnad mot scenario 1	- 1,813,700 kr	2,140,800 kr	472,300 kr
Skillnad transport grönlutslam (%)	-32%	38%	8%
Skillnad totala kostnader (%)	-8%	10%	2%
Total tid för efterbehandling (år)	15 år	15 år	4 år

Tabell 7.13. De tre scenariona Skellefteå båt, Skellefteå tåg och Bastuträsk tåg jämförs med referensscenariot direkt lastbil (se tabell 7.11).

GRÖNLUTSLAM	5. Skellefteå båt	6. Skellefteå tåg	7. Bastuträsk tåg
Transport grönlutslam	3,483,000 kr	3,920,400 kr	2,906,900 kr
Hantering grönlutslam	440,000 kr	440,000 kr	440,000 kr
Summa kostnader grönlutslam	3,923,000 kr	4,360,400 kr	3,346,900 kr
Totala kostnader	20,676,000 kr	21,113,400 kr	20,099,900 kr
Skillnad mot scenario 1	- 1,720,700 kr	- 1,283,300 kr	- 2,296,800 kr
Skillnad transport grönlutslam (%)	-30%	-23%	-41%
Skillnad totala kostnader (%)	-8%	-6%	-10%
Total tid för efterbehandling (år)	4 år	4 år	4 år

Jämförelsen av de olika transportlösningarna visar att transport till Bastuträsk med tåg och från Bastuträsk med lastbil (scenario 7) är det billigaste alternativet för små områden norrut. Den totala tiden för att leverera den mängd grönlutslam som efterfrågas ligger på fyra år för denna lösning. De minimala och maximala kostnaderna för direkt transport med lastbil visar att transportkostnaderna kommer ligga mellan 3 600 000 – 7 600 000 kr.

7.3.2. Stora områden norrut

I tabell 7.14 presenteras en sammanfattning av kostnaderna för att transportera grönlutslam direkt med lastbil, som utgör referensscenariot. I tabell 7.15–7.16 jämförs kostnaderna för övriga scenarion med grundscenariot. Vid jämförelse tas endast hänsyn till de kostnader som förändras för olika scenarion. Dessa är kostnader för transport och hantering av grönlutslam. Lagerkostnader och lagerföringskostnader kommer att uppstå för lösningarna med mellanlager men dessa bortses från då de inte har kvantifierats i denna studie.

Tabell 7.14. Kostnader för att transportera grönlutslam direkt med lastbil. Referensscenario.

GRÖNLUTSLAM	1. Direkt lastbil
Transport grönlutslam	11,203,600 kr
Hantering grönlutslam	410,000 kr
Summa kostnader grönlutslam	11,613,600 kr
Totala kostnader	42,835,100 kr
Total tid för efterbehandling (år)	10 år

Tabell 7.15. De tre scenariona lastbil minimal, lastbil maximal och Skellefteå lastbil jämförs med referensscenariot direkt lastbil (se tabell 7.14).

GRÖNLUTSLAM	2. Lastbil minimal	3. Lastbil maximal	4. Skellefteå lastbil
Transport grönlutslam	6,694,000 kr	16,352,000 kr	13,735,000 kr
Hantering grönlutslam	410,000 kr	410,000 kr	820,000 kr
Summa kostnader grönlutslam	7,104,000 kr	16,762,000 kr	14,555,000 kr
Totala kostnader	38,325,500 kr	47,983,500 kr	45,776,500 kr
Skillnad mot scenario 1	- 4,509,600 kr	5,148,400 kr	2,941,400 kr
Skillnad transport grönlutslam (%)	-39%	44%	25%
Skillnad totala kostnader (%)	-11%	12%	7%
Total tid för efterbehandling (år)	28 år	28 år	3 år

Tabell 7.16. De tre scenariona Skellefteå båt, Skellefteå tåg och Bastuträsk tåg jämförs med referensscenariot direkt lastbil (se tabell 7.14).

GRÖNLUTSLAM	5. Skellefteå båt	6. Skellefteå tåg	7. Bastuträsk tåg
Transport grönlutslam	7,318,000 kr	8,419,600 kr	6,876,600 kr
Hantering grönlutslam	820,000 kr	820,000 kr	820,000 kr
Summa kostnader grönlutslam	8,138,000 kr	9,239,600 kr	7,696,600 kr
Totala kostnader	39,359,500 kr	40,461,100 kr	38,918,100 kr
Skillnad mot scenario 1	- 3,475,600 kr	- 2,374,000 kr	- 3,917,000 kr
Skillnad transport grönlutslam (%)	-30%	-20%	-34%
Skillnad totala kostnader (%)	-8%	-6%	-9%
Total tid för efterbehandling (år)	3 år	3 år	3 år

För stora områden norrut är scenario 2 den billigaste lösningen. Som nämnts tidigare utgör scenario 2 ett idealfall som ska undersöka de minimala kostnaderna för direkt transport med lastbil. Scenariot är troligtvis inte implementerbart i verkligheten. Detta då det skulle ta 28 år för att förse samtliga stora områden norrut med grönlutslam med denna lösning. De minimala och maximala kostnaderna för direkt transport med lastbil visar att transportkostnaderna kommer ligga mellan 6 700 000 – 16 300 000 kr.

Transport med tåg till Bastuträsk och med lastbil från Bastuträsk (scenario 7) anses vara den billigaste implementerbara lösningen. Det skulle ta tre år för att leverera tillräckligt med grönslutslam med denna lösning och kostnaderna ligger nära de minimala kostnaderna för direkt transport med lastbil.

7.3.3. Stora områden söderut

I tabell 7.17 presenteras en sammanfattning av kostnaderna för att transportera grönslutslam direkt med lastbil, som utgör referensscenariot. I tabell 7.18 jämförs kostnaderna för övriga scenarion med grundscenariot. Vid jämförelse tas endast hänsyn till de kostnader som förändras för olika scenarion. Dessa är kostnader för transport och hantering av grönslutslam. Lagerkostnader och lagerföringskostnader kommer att uppstå för lösningarna med mellanlager men dessa bortses från då de inte har kvantifierats i denna studie.

I tabell 7.17 och 7.18 kan ses att det uppskattas ta lika lång tid (16 år) att förse efterfrågan på grönslutslam för scenario 1 och scenario 4. Detta är på grund av det antagande som gjorts i kapitel 6.3.1. Antagandet innebär att grönslutslammet mellanlagras även för scenario 1 som är direkt transport med lastbil, detta sker antingen hos massabruken eller på efterbehandlingsområdena. Anledningen till detta är att efterfrågan för de södra områdena är så pass stor att mellanlagring av grönslutslam ses som en nödvändighet för att kunna efterbehandla samtliga områden inom en rimlig tid.

Tabell 7.17. Kostnader för att transportera grönslutslam direkt med lastbil. Referensscenario.

GRÖNLUTSLAM	1. Direkt lastbil
Transport grönslutslam	47,365,000 kr
Hantering grönslutslam	1,150,000 kr
Summa kostnader grönslutslam	48,515,000 kr
Totala kostnader	136,087,500 kr
Total tid för efterbehandling (år)	16 år

Tabell 7.18. De tre scenariona lastbil minimal, lastbil maximal tåg Ånge och Storvik jämförs med referensscenariot direkt lastbil (se tabell 7.17).

GRÖNLUTSLAM	1. Lastbil minimal	2. Lastbil maximal	4. Tåg Ånge och Storvik
Transport grönslutslam	45,725,000 kr	65,110,000 kr	25,962,000 kr
Hantering grönslutslam	1,150,000 kr	1,150,000 kr	2,300,000 kr
Summa kostnader grönslutslam	46,875,000 kr	66,260,000 kr	28,262,000 kr
Totala kostnader	134,447,500 kr	153,832,500 kr	115,834,500 kr
Skillnad mot scenario 1	- 1,640,000 kr	17,745,000 kr	- 20,253,000 kr
Skillnad transport grönslutslam (%)	-3%	37%	-42%
Skillnad totala kostnader (%)	-1%	13%	-15%
Total tid för efterbehandling (år)	25 år	144 år	16 år

Utifrån kostnadsjämförelsen i tabell 7.18 kan ses att transport med tåg till mellanlager i Ånge och Storvik och med lastbil från dessa till efterbehandlingsområdena är det billigaste scenariot. Tiden för massabruken att leverera tillräckligt med grönslutslam för denna lösning ligger på omkring 16 år (se tabell 6.18). De minimala och maximala kostnaderna för direkt transport med lastbil visar att transportkostnaderna kommer ligga mellan 45 700 000 – 65 100 000 kr.

7.4. Jämförelse av bästa lösning med alternativkostnader

I tabell 7.19–7.21 presenteras jämförelser av de totala kostnaderna för de bästa lösningarna för varje kategori med alternativkostnaderna som är tät morän och bentonit.

Tabell 7.19. Jämförelse av totala kostnader för scenario 7 och alternativkostnaderna tät morän och bentonit för små områden norrut.

SMÅ OMRÅDEN NORRUT			
JÄMFÖRELSE KOSTNADER	7. Bastuträsk tåg	Tät morän	Bentonit
Totala kostnader	20,099,900 kr	12,430,000 kr	44,511,500 kr
Skillnad mot Bastuträsk (scenario 7)	- kr	7,669,900 kr	24,411,600 kr
Skillnad totala kostnader (%)	0%	-38%	121%

Tabell 7.20. Jämförelse av totala kostnader för scenario 7 och alternativkostnaderna tät morän och bentonit för stora områden norrut.

STORA OMRÅDEN NORRUT			
JÄMFÖRELSE KOSTNADER	7. Bastuträsk tåg	Tät morän	Bentonit
Totala kostnader	38,918,100 kr	23,165,000 kr	82,953,250 kr
Skillnad mot Bastuträsk (scenario 7)	- kr	15,753,100 kr	44,035,150 kr
Skillnad totala kostnader (%)	0%	-40%	113%

Tabell 7.21. Jämförelse av totala kostnader för scenario 4 och alternativkostnaderna tät morän och bentonit för stora områden söderut.

STORA OMRÅDEN SÖDERUT			
JÄMFÖRELSE KOSTNADER	4. Tåg Ånge och Storvik	Tät morän	Bentonit
Totala kostnader	115,834,500 kr	64,975,000 kr	232,673,750 kr
Skillnad mot scenario 4	- kr	50,859,500 kr	116,839,250 kr
Skillnad mot scenario 4 (%)	0%	-44%	101%

För alla kategorier utgör tät morän den billigaste lösningen förutsatt att den täta moränen ligger inom ett avstånd på 5 km. Efterbehandling med bentonit är också dyrast för samtliga kategorier.

Viktigt att nämna är att kostnaderna för scenariot med grönlutslam med stor sannolikhet kommer vara högre i verkligheten. Detta på grund av att kostnader för lager, lagerföring, kvalitetskontroll, returflöden, brist och försening inte är kvantifierade i denna studie. Följaktligen utgör kostnadsuppskattningarna för grönlutslam en undre gräns för de verkliga kostnaderna.

7.5. Maximalt avstånd till tät morän

Utifrån jämförelsen av efterbehandlingskostnaderna för tät morän, bentonit och grönlutslam i kapitel 7.4 ses att efterbehandling med tät morän är den överlägset billigaste efterbehandlingsmetoden. Detta är dock förutsatt att samtliga områden har tillgång till tät morän inom ett avstånd på 5 km. Verkligheten ser annorlunda ut och för många områden kan det vara betydligt större avstånd till närmaste täkt med tät morän (Magnus Filipsson; Boliden, 2017).

Det maximala avståndet till tät morän, för att denna efterbehandlingsmetod fortfarande ska vara billigast, kan beräknas för varje område baserat på de gjorda totalkostnadsanalyserna. De maximala avstånden till tät morän för varje område är uppskattade i tabell 7.22–7.24. Avstånden i tabellerna bygger på förutsättningen att moränen transporteras med dumper, till en kostnad på

4.5 kr/ton, km (se tabell 7.1). I bilaga 5 presenteras kostnaderna för efterbehandling av varje enskilt område för alla metoder och logistiklösningar.

Tabell 7.22. Maximala avstånd till tät morän för att efterbehandling med tät morän fortfarande ska vara billigast för små områden norrut.

SMÅ OMRÅDEN NORRUT		
EBH-område	Skillnad mot grönslutslam (kr)	Maximalt avstånd till tät morän (km)
1. Slagnäs	617,550 kr	14
2. Långdal	587,400 kr	12
3. Långsele	591,400 kr	12
4. Kimheden	717,400 kr	13
5. Rävliedmyr	1,139,100 kr	13
6. Rävlieden	1,255,450 kr	13
7. Holmtjärn	1,258,800 kr	12
8. Kristineberg	1,502,800 kr	13
Totalt	7,669,900 kr	13

Tabell 7.23. Maximala avstånd till tät morän för att efterbehandling med tät morän fortfarande ska vara billigast för stora områden norrut.

STORA OMRÅDEN NORRUT		
EBH-område	Skillnad mot grönslutslam (kr)	Maximalt avstånd till tät morän (km)
9. Udden	4,045,100 kr	12
10. Laisvall	6,846,500 kr	17
11. Maurlieden	4,861,500 kr	12
Totalt	15,753,100 kr	14

Tabell 7.24. Maximala avstånd till tät morän för att efterbehandling med tät morän fortfarande ska vara billigast för stora områden söderut.

STORA OMRÅDEN SÖDERUT		
EBH-område	Skillnad mot grönslutslam (kr)	Maximalt avstånd till tät morän (km)
12. Enåsen	8,134,100 kr	12
13. Garpenberg	8,615,900 kr	13
14. Vassbo	34,109,500 kr	17
Totalt	50,859,500 kr	15

Utifrån tabell 7.22–7.24 kan slutsatsen dras att efterbehandling med tät morän inte nödvändigtvis är billigast om den täta moränen ligger längre än 12-17 km från områdena. Notera att kostnader för att efterbehandla med grönslutslam inte innefattar kostnader för bland annat mellanlagring.

7.6. Möjlig prissättning av grönslutslam

Utan att kvantifiera lagerkostnader, lagerföringskostnader, kontrollkostnader, returkostnader och brist- och förseningskostnader är grönslutslam en betydligt billigare efterbehandlingsmetod än bentonit. För att en del massabruk ska vara villiga att avsätta sitt grönslutslam för efterbehandling kan det vara nödvändigt att Boliden betalar för materialet. Ett eventuellt pris på detta kan uppskattas genom att jämföra skillnaden i kostnader för efterbehandling med

grönlutslam gentemot bentonit. Utifrån skillnaden kan ett pris bestämmas för varje enskilt efterbehandlingsområde. I tabell 7.25–7.27 presenteras möjliga priser på grönlutslammet för varje område och för varje kategori.

Tabell 7.25. Möjlig prissättning av grönlutslam för små områden norrut.

SMÅ OMRÅDEN NORRUT		
EBH-område	Skillnad mot bentonit (kr)	Möjligt pris grönlutslam (kr/ton)
1. Slagnäs	- 1,527,750 kr	1000
2. Långdal	- 1,749,000 kr	1200
3. Långsele	- 1,743,000 kr	1200
4. Kimheden	- 1,921,000 kr	1100
5. Rävliemyr	- 2,881,500 kr	1100
6. Rävliiden	- 3,361,750 kr	1100
7. Holmtjärn	- 3,666,000 kr	1100
8. Kristineberg	- 3,826,000 kr	1100
Totalt	- 20,676,000 kr	1100

Tabell 7.26. Möjlig prissättning av grönlutslam för stora områden norrut.

STORA OMRÅDEN NORRUT		
EBH-område	Skillnad mot bentonit (kr)	Möjligt pris grönlutslam (kr/ton)
9. Udden	- 11,433,500 kr	1100
10. Laisvall	- 14,163,500 kr	900
11. Maurliiden	- 13,762,500 kr	1100
Totalt	- 39,359,500 kr	1000

Tabell 7.26. Möjlig prissättning av grönlutslam för stora områden söderut.

STORA OMRÅDEN SÖDERUT		
EBH-område	Skillnad mot bentonit (kr)	Möjligt pris grönlutslam (kr/ton)
9. Udden	- 22,259,100 kr	1100
10. Laisvall	- 22,740,900 kr	1100
11. Maurliiden	- 70,834,500 kr	900
Totalt	- 115,834,500 kr	1000

Utifrån tabell 7.25–7.27 kan konstateras att ett möjligt prisintervall för grönlutslam kan ligga mellan 900-1200 kr/ton om det ska kosta lika mycket att efterbehandla med grönlutslam som med bentonit. I praktiken kommer troligtvis priset behöva vara lägre på grund av alla de kostnader som ännu inte har kvantifierats för grönlutslam i denna studie och för att ge en konkurrensfördel gentemot bentonit.

8. DISKUSSION OCH SLUTSATSER

8.1. Rekommendation för utformning av nytt logistiksystem

För båda kategorierna *små områden norrut* och *stora områden norrut* rekommenderas att ett mellanlager för grönlutslam upprättas i Bastuträsk. Till Bastuträsk sker transport med tåg och från Bastuträsk sker transport med lastbil. Att upprätta ett mellanlager i Bastuträsk bedöms vara den billigaste lösningen som är implementerbar för dessa två områdeskategorier.

För kategorin *stora områden söderut* rekommenderas att mellanlager för grönlutslam upprättas i Ånge och Storvik. Till mellanlagren sker transport med tåg och från dessa sker transport med lastbil. Denna lösning är betydligt billigare än övriga transportlösningar för kategorin *stora områden söderut*.

Anledningen till att upprättande av mellanlager rekommenderas är att hela massbrukens årsproduktion av grönlutslam då kan utnyttjas vid mellanlagring. En följd av detta blir att tiden för att förse efterfrågan på grönlutslam minskar betydligt. För kategorin *små områden norrut* minskar tiden från sex till fyra år. För *stora områden norrut* minskar tiden från tio till tre år. För *stora områden söderut* ligger tiden för att förse efterfrågan på 16 år trots mellanlagring, denna hade dock varit betydligt högre utan mellanlagring.

Gjorda rekommendationer förutsätter att maximalt två massabruk tillsammans kan förse ett efterbehandlingsområde med grönlutslam och att endast 50 % av det grönlutslam som massabruken producerar håller tillräcklig kvalitet för att användas i tätskikt. Lagerkostnader, lagerföringskostnader, kvalitetskontrollkostnader, returkostnader, brist- och förseningskostnader är inte heller kvantifierade. Rekommendationerna kan förändras efter kvantifiering av dessa då de påverkar den relativa kostnadsfördel som efterbehandling med grönlutslam har.

8.2. Slutsatser

8.2.1. Upprättande av mellanlager nödvändigt

Oavsett storleksordning på de kostnadsparametrar som återstår att kvantifiera kan konstateras att någon form av mellanlager måste till för att grönlutslam ska vara en praktiskt genomförbar efterbehandlingsmetod. Efterfrågan anses vara för stor för att Boliden endast ska kunna förlita sig på det grönlutslam som massabruken producerar under sommaren och samtidigt hinna efterbehandla samtliga områden inom en rimlig tidsram. För de norra områdena rekommenderas att mellanlagret upprättas i Bastuträsk. För de södra områdena rekommenderas att mellanlager upprättas i Ånge och Storvik.

8.2.2. Rimligast att använda grönlutslam till de norra områdena

Utifrån ett tidsperspektiv anses det lämpligast att använda grönlutslam vid efterbehandling av områdena i kategorierna *små områden norrut* och *stora områden norrut*. För de rekommenderade lösningarna tar det omkring sju år att förse alla elva områden med grönlutslam. Vilket antas vara ett rimligt tidsintervall med tanke på att endast två områden antas kunna efterbehandlas per år.

För de *stora områdena söderut* tar det omkring 16 år att förse den totala efterfrågan vid användning av mellanlager. I relation till tiden för att efterbehandla de norra områdena får tiden som krävs anses vara för lång. Därför är det troligtvis inte rimligt att efterbehandla de södra områdena med grönlutslam.

8.2.3. Merparten av grönlutslammet levereras av tre massabruk

Vid tilldelning av massabruk för att förse områdena med grönlutslam har fokus legat på att minska transportkostnader och den totala tiden för efterbehandling för varje kategori. Detta i kombination med att de producerade mängderna grönlutslam skiljer sig kraftigt mellan många av massabruken (se tabell 6.1), och att maximalt två massabruk får leverera grönlutslam till samma område, har lett till att endast ett fåtal av massabruken har valts för att leverera majoriteten av grönlutslammet. Dessa är, för de flesta transportlösningar, Smurfit Kappa, BillerudKorsnäs, Mondi Dynäs och till viss mån Domsjö fabriker. SCA Munksund och SCA Obbola står tillsammans endast för 8 % av den årliga produktionen och levererar inget grönlutslam för de rekommenderade transportlösningarna.

Detta är inte optimalt utifrån flera av massabrukens perspektiv men det går att komma runt genom att till exempel låta fler än två massabruk leverera grönlutslam till samma område. Det här förutsätter att det går att försäkra sig om att kvaliteten på tätskiktet inte försämras eller att kontrollkostnaderna inte ökar avsevärt vid blandning av grönlutslam från flera massabruk.

8.2.4. Huruvida tät morän är billigast beror på avståndet till moränen

För närvarande är tät morän det billigaste efterbehandlingsalternativet. Detta gäller så länge moränen inte ligger längre än 12-17 km från efterbehandlingsområdena. Då har grönlutslam potentialen att vara billigare. Det här gäller förutsatt att grönlutslammet kan lagras under längre perioder och utan att kostnader för lager, lagerföring, kvalitetskontroll, returflöden, brist och försening har uppskattats. I denna studie har endast grönlutslammets ekonomiska potential studerats men värt att nämna är att grönlutslammet även har en miljömässig potential. Genom att hitta användningsområden för grönlutslammet förlängs värdekedjan för trädråvaran. Dessutom kan användandet av ändliga resurser såsom tät morän minskas genom användning av grönlutslam.

8.3. Förslag på vidare studier

Viktigt att studera är hur grönlutslammet påverkas av att mellanlagras under en längre tid. Då kan kraven på lagringsmiljön fastställas och storleksordningen på lager- och lagringskostnader kan uppskattas. Det är också av intresse att undersöka om det är möjligt att blanda grönlutslam från ett flertal massabruk samtidigt. Om det är möjligt blir effekten att fler massabruk kan avsätta sitt grönlutslam samtidigt som efterbehandlingstiden minskar.

Referenser

Böcker, rapporter och artiklar

- Blomkvist, Pär & Hallin, Anette (2014). *Metod för teknologer: examensarbete enligt 4-fasmodellen*. Lund: Studentlitteratur.
- Boliden AB (2016). *Boliden årsredovisning 2016*.
- Cooper, Robin & Kaplan, Robert S. (1991). Profit Priorities from Activity-Based Costing. *Harvard Business Review*. Maj-juni 1991.
- Filipsson, Magnus, Odén Pär, Maurice, Christian, Mäkitalo, Maria och Mácsik, Josef (2015). Efterbehandling av gruvavfall med morän/grönlutslam i tätskiktstrukturen: Massor med fördelar. *Bygg & teknik: geotekniska utmaningar* 107 (1): 66-70.
- Höst, Martin, Regnell, Björn & Runeson, Per (2006). *Att genomföra examensarbete*. Lund: Studentlitteratur.
- Johansson, Maria (2016). *Risikanalyser för entreprenad EBH Näsliden med Mn/GLS*. Stockholm: Ecoloop AB.
- Jonsson, Patrik & Mattsson, Stig-Arne (2011). *Logistik: läran om effektiva materialflöden*, [Upplaga 2], Lund: Studentlitteratur.
- LaLonde, J. Bernard, Pohlen, L. Terrance. (1996). Issues in Supply Chain Costing. *The International Journal of Logistics Management* 7(1): 1-12.
- Laguna, Manuel & Marklund, Johan (2013). *Business Process Modeling, Simulation and Design*, [Upplaga 2].
- Lambert, Douglas M. & Stock, James R. (2001). *Strategic Logistics Management*, [Upplaga 4], Boston, Massachusetts: McGraw-Hill/Irwin.
- Lin, Binshan, Collins, James & Su, Robert K. (2001). Supply chain costing: an activity-based perspective. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*. 31 (10): 702 – 713.
- Mácsik, Josef, Maurice, Christian, Pär, Odén och Bergknut, Magnus (2017). *Vägledning – Etablering av tätskikt av morän modifierad med grönlutslam, för reduktion av syregenomträngning*, [Upplaga 2], Stockholm, Luleå: Processum.
- Maurice Christian, Mácsik, Josef (2014). *Återbruk av massaindustrins restprodukter vid efterbehandling av gruvavfall – teknisk och ekonomisk potential*. Stockholm: Ecoloop AB, Ramböll Sverige AB.
- Mäkitalo, Maria (2012). *Green Liquor Dregs as Sealing Layer Material to Cover Sulphidic Mine Waste Deposits*. Licentiatavhandling, Luleå Tekniska Universitet.
- Oskarsson, Björn, Ekdahl, Bengt & Aronsson, Håkan (2013). *Modern logistik: för ökad lönsamhet*, [Upplaga 4], Stockholm: Liber.

Sveriges geologiska undersökning (2017). *Delrapportering av regeringsuppdrag strategi för hantering av gruvavfall*. Stockholm: Naturvårdsverket. Uppsala: Sveriges geologiska undersökning.

Westin, Gunnar, Odén, Pär, Mácsik Josef, Maurice, Christian, Bergknut, Magnus (2015). *Potentiella material till återställningen av Svärträskgruvan – Inventering av kalkhaltiga restmaterial från nio pappers- och massaindustrier*.

Intervjuer

Annette Nilsson; SCA Munksund (2017). Intervju 18 april.

Bengt-Åke Lundbäck; BillerudKorsnäs (2017). Intervju 12 april.

Fredrik Östlund; Domsjö fabriker (2017). Intervju 29 mars.

Magnus Filipsson; Boliden (2017). Intervju 24 mars.

Nils Gilenstam; SCA Obbola (2017). Intervju 30 mars.

Pär Odén; Ragn-Sells (2017). Intervju 18 april.

BILAGA 1. Intervjuguide Boliden

Inledande generella frågor

- Beskriv dina huvudsakliga uppgifter som miljösamordnare på Boliden
- Vad har du arbetat med tidigare inom Boliden?
- Vilken insyn har du i Bolidens efterbehandlingsprocess?
- Vilka tidigare erfarenheter har du av grönlutslam?

Efterbehandling

Val av efterbehandlingsmetod

- Vilka är de största svårigheterna vid täckning av gruvavfall? T.ex. hitta material, transport?
- Vilka alternativ för efterbehandling har ni? Andra alternativ förutom morän och bentonit?
- Hur har ni genomfört efterbehandling hittills? Har ni bara sluttäckt med morän?
- Hur pass beprövade är de olika metoderna för efterbehandling, t.ex. bentonit?
- Hur går ni tillväga när ni väljer metod för efterbehandling? Vilka är kriterierna vid val av material för efterbehandling?
- Finns det faktorer som utesluter vissa efterbehandlingsalternativ för särskilda områden?

Efterbehandlingsprocessen

- I vilken storleksordning har tidigare kostnader för efterbehandling legat på? Vad har varit kostnadsdrivande?
- Ungefär hur lång tid har det tagit att efterbehandla tidigare områden? Vad har styrt efterbehandlingstiden?
- Finns det någon ram för hur lång tid efterbehandling av specifika efterbehandlingsområden bör ta? Bör det ske i etapper eller ska all efterbehandling utföras på en gång?
- Kan efterbehandling genomföras året runt? Eller endast under specifika årstider?
- Hur får ni tillstånd att hämta morän från olika platser? Finns det svårigheter med detta?

Grönlutslam som efterbehandlingsmetod

- Vilka områden tror du lämpar sig bäst för att efterbehandlas med grönlutslam?
- Vilka upplever du vara de största utmaningarna att överkomma för att på regelbunden basis kunna använda grönlutslam vid efterbehandling?
- Vilka fördelar upplever du att grönlutslam har gentemot andra material som används för efterbehandling?
- Vilka krav skulle ni ställa på grönlutslammet om det användes för efterbehandling?

Logistiksystem

- Överensstämmer den bifogade kartläggningen av logistiksystemet för transport av grönlutslam med din uppfattning om hur det bör se ut?

- Stämmer uppdelningen av kostnadsposter mellan aktörerna överens med din uppfattning? Tycker du att några kostnadsposter saknas?
- Vilka krav skulle ni ställa på logistiklösningen för grönlutslam?
- Vilka möjligheter har ni att lagra grönlutslam på de olika efterbehandlingsområdena?
- Har ni möjlighet att lagra grönlutslammet på ett sådant sätt att dess nödvändiga egenskaper bevaras?
- Hur ser ni på att kvalitetssäkra grönlutslammet på plats? Till exempel mäta TS-nivå.
- Hur ser ni på att köpa grönlutslam från flera olika massabruk? Vad tycker ni om eventuell samordning av transport och hantering av grönlutslam?
- Vilka bör stå för eventuella investeringar, exempelvis investeringar i lager, mellanlager och utbildning av personal?

Nödvändiga data för fortsatt arbete

- Vilka områden ska efterbehandlas de närmaste 10 åren?
- I vilken ordning är områdena som ska efterbehandlas prioriterade?
- Vilka faktorer baseras prioriteringslistan för efterbehandling på?
- Hur stora är områdena som ska efterbehandlas? Alltså hur stora ytor behöver sluttäckas och därigenom hur stora mängder material kommer behövas?
- Har ni en uppfattning om hur tillgången på morän ser ut för respektive område?
- Finns det någon preliminär plan för på vilket sätt efterbehandling ska utföras för enskilda områden? Särskilda anledningar till att den ser ut som den gör?

BILAGA 2. Intervjuguide massabruk

Inledande generella frågor

- Beskriv dina huvudsakliga uppgifter?
- Vad har du arbetat med tidigare?
- Vilka tidigare erfarenheter har du av grönlutslam?

Produktion och deponering av grönlutslam

- Vad vet du om produktionsprocessen där grönlutslam bildas? Hur går det till när grönlutslam bildas?
- Vad gör ni med grönlutslammet i dagsläget?
- Hur ser den nuvarande processen ut för deponering av grönlutslam? Vilka aktörer är inblandade?
- Var transporteras grönlutslammet?
- Hur ofta transporteras grönlutslammet bort för deponering?
- Vad är kostnadsdrivande i deponeringsprocessen?
- Hur mycket kostar det att deponera grönlutslam?
- Hur ställer ni er till att sälja grönlutslam till gruvindustrin?
- Har det funnits tidigare användningsområden för grönlutslam? T.ex. vid vägarbeten?

Kvalitetssäkring

- Har ni någon kontroll på det grönlutslam ni producerar idag? Mäter ni något, till exempel TS-nivå?
- Hur ser ni på att kvalitetssäkra grönlutslammet på plats? TS-nivå, konsistensgräns, inblandning av mesa.
- Har ni möjlighet att styra produktionsprocessen så att en större andel av det producerade grönlutslammet får rätt kvalitet? Till exempel med avseende på TS-nivå.
- Har ni möjlighet att separera lågkvalitativt från högkvalitativt grönlutslam?
- Hur förvaras grönlutslammet för närvarande?
- Har ni möjlighet att lagra grönlutslam på ett sådant sätt att dess nödvändiga egenskaper bevaras? Med avseende på TS-nivå, konsistensgräns. Förhindra vatteninblandning.
- Hur ser ni på att genomföra eventuella investeringar för att kunna kvalitetssäkra grönlutslammet? Till exempel utbildning av personal. Investera i centrifug.

Logistiksystem

- Överensstämmer den bifogade kartläggningen av logistiksystemet för transport av grönlutslam med din uppfattning om hur det bör se ut?
- Stämmer uppdelningen av kostnadsposterna mellan aktörerna överens med din uppfattning? Tycker du att några kostnadsposter saknas?
- Vilka krav skulle ni ställa på logistiklösningen med transport av grönlutslam till efterbehandlingsområden?
- Hur mycket grönlutslam kan ni lagra på plats idag? Hur länge? Till vilken kostnad?
- I vilka mängder och hur snabbt vill ni bli av med grönlutslammet från anläggningen?

- Hur ser ni på att samordna avsättningen av grönlutslam med andra massabruk? Vad tycker ni om eventuell samordning av transport och hantering av grönlutslam?
- Vilka bör stå för eventuella investeringar, exempelvis investeringar i lager, mellanlager och utbildning?

Nödvändiga data för fortsatt arbete

- Hur mycket grönlutslam producerar ni per år? Hur mycket uppskattar ni producera de närmaste 10 åren?
- Hur mycket grönlutslam med rätt kvalitet? Med rätt TS-nivå och konsistensgräns?

BILAGA 3. Intervjuguide Ragn-Sells

Inledande generella frågor

- Vilken är din roll på Ragn-Sells?
- Vad har du arbetat med tidigare inom Ragn-Sells? Innan Ragn-Sells?
- Vilka tidigare erfarenheter har du av grönlutslam?

Samarbete med massabruk

- Har ni samarbetat med massabruk tidigare? Vilka har ni samarbetat med?
- Hur har samarbetet sett ut?
- Hur ser ni på att samarbeta med och hantera grönlutslammet från flera massabruk?

Samarbete med Boliden

- Har ni samarbetat med Boliden tidigare?
- Hur har samarbetet sett ut?

Grönlutslam

- Har Ragn-Sells tidigare erfarenhet av att hantera grönlutslam? Vilka material har ni erfarenhet av att hantera?
- Har ni möjlighet att hantera grönlutslammet på ett sådant sätt att dess egenskaper bevaras? Avseende t.ex. TS-nivå, undvika inblandning av andra material?
- Hur ser ni på att kvalitetssäkra grönlutslammet innan det skickas iväg från mellanlagring?
- Har ni täckta transporter? Om inte, kan ni tänka er att investera i dessa för att kunna transportera grönlutslammet?

Logistiksystem

- Hur skulle ni vilja att er roll ser ut om affären med grönlutslam skulle genomföras?
- Vad kan ni sköta? Transport, lagring, kvalitetssäkring?
- Det kan vara nödvändigt att mellanlagra grönlutslammet, kan ni göra detta? Hur stora mängder kan ni hantera? Vad uppskattar ni att det skulle kosta?
- Har ni lager i Västerbotten och Norrbotten? Var ligger dessa?
- Har ni möjlighet att upprätta nya lager för grönlutslam?
- Hur stora mängder material uppskattar ni att ni kan transportera?
- Hur mycket tar ni vanligtvis betalt för materialtransport per ton och km?
- Hur mycket kostar lagring per ton material och per dag? Finns det olika sätt att betala på?
- Vilka bör stå för eventuella investeringar, exempelvis investeringar i lager, mellanlager och utbildning?
- Har ni kunskap om hur transportmöjligheter ser ut med tåg?
- Hur ser lagringsmöjligheterna ut under vintern?
- Hur stora mängder grönlutslam tror du att ni kan lagra åt gången?

- Tror ni att det är bäst att lagra grönlutslammet direkt i anslutning till efterbehandlingsområdena? Eller bör lagring ske på specifika platser? Några förslag?

Smurfit Kappa

- I min projektbeskrivning står det att Smurfit Kappa Piteå representeras av RagnSells. Vad innebär det?
- Hur har ni samarbetat med Smurfit Kappa tidigare?
- Har du möjligtvis information gällande hur mycket grönlutslam Smurfit Kappa producerar? Vilken är den genomsnittliga TS-nivån på grönlutslammet?
- Har ni ytterligare information om hur Smurfit Kappa ställer sig till affären med grönlutslam?

BILAGA 4. Avståndsmatriser

AVSTÅND (km)	1. Billerud	2. Smurfit	3. SCA Munksund	4. SCA Obbola	5. Domsjö	6. Mondi Dynäs
1. Slagnäs	288	176	184	273	332	413
2. Långdal	246	117	111	167	256	344
3. Långsele	243	112	108	168	258	346
4. Kimheden	322	191	195	204	262	334
5. Rävliomyr	323	191	196	204	262	333
6. Rävliiden	322	190	195	203	261	332
7. Holmtjärn	262	131	141	209	284	355
8. Kristineberg	317	186	190	199	257	329
9. Udden	246	109	116	195	294	376
10. Laisvall	359	249	255	405	427	478
11. Maurliiden	267	136	152	204	278	350
12. Enåsen	764	633	626	424	311	256
13. Garpenberg	898	767	760	558	445	390
14. Vassbo	930	799	803	624	511	455

AVSTÅND LASTBIL (km)	1. Billerud	2. Smurfit	3. SCA Munksund	4. SCA Obbola	5. Domsjö	6. Mondi Dynäs
Mellanlager Skellefteå	224	93	87	142	242	330

AVSTÅND TÅG (km)	1. Billerud	2. Smurfit	3. SCA Munksund	4. SCA Obbola	5. Domsjö	6. Mondi Dynäs
Mellanlager Skellefteå	346	241	241	220	319	401

AVSTÅND LASTBIL (km)	Mellanlager Skellefteå
1. Slagnäs	202
2. Långdal	58
3. Långsele	55
4. Kimheden	144
5. Rävliomyr	144
6. Rävliiden	144
7. Holmtjärn	100
8. Kristineberg	140
9. Udden	63
10. Laisvall	273
11. Maurliiden	101

AVSTÅND TÅG (km)	1. Billerud	2. Smurfit	3. SCA Munksund	4. SCA Obbola	5. Domsjö	6. Mondi Dynäs
Mellanlager Bastuträsk	283	178	178	157	256	338

AVSTÅND LASTBIL (km)	Mellanlager Bastuträsk
1. Slagnäs	147
2. Långdal	29
3. Långsele	31
4. Kimheden	94
5. Rävliedmyr	94
6. Rävlieden	94
7. Holmtjärn	50
8. Kristineberg	90
9. Udden	40
10. Laisvall	235
11. Mauliden	51

AVSTÅND TÅG (km)	4. SCA Obbola	5. Domsjö	6. Mondi Dynäs
Mellanlager Ånge	398	276	208

AVSTÅND TÅG (km)	4. SCA Obbola	5. Domsjö	6. Mondi Dynäs
Mellanlager Storvik	570	448	366

AVSTÅND LASTBIL (km)	Ånge
12. Enåsen	64
13. Garpenberg	-
14. Vassbo	263

AVSTÅND LASTBIL (km)	Storvik
12. Enåsen	-
13. Garpenberg	51
14. Vassbo	-

BILAGA 5. Kostnader för EBH av varje område

	Tät morän	Bentont	1. Direkt lastbil (50 %)	2. Lastbil minimal	3. Lastbil maximal	4. Skellefteå lastbil	5. Skellefteå båt	6. Skellefteå tåg	7. Bastuträsk tåg	Lägst kostnad	Bästa scenario GLS
1. Slagnäs	847,500 kr	3,034,875 kr	1,421,250 kr	1,421,250 kr	1,776,750 kr	1,614,750 kr	1,527,750 kr	1,547,550 kr	1,465,050 kr	1,421,250 kr	1,2
2. Långdal	1,130,000 kr	4,046,500 kr	2,040,000 kr	1,777,000 kr	2,231,000 kr	1,865,000 kr	1,749,000 kr	1,775,400 kr	1,717,400 kr	1,717,400 kr	Bastuträsk tåg
3. Långsele	1,130,000 kr	4,046,500 kr	1,832,500 kr	1,767,000 kr	2,235,000 kr	1,859,000 kr	1,743,000 kr	1,769,400 kr	1,721,400 kr	1,721,400 kr	Bastuträsk tåg
4. Kimheden	1,130,000 kr	4,046,500 kr	2,160,600 kr	1,925,000 kr	2,211,000 kr	2,037,000 kr	1,971,000 kr	1,947,400 kr	1,847,400 kr	1,847,400 kr	Bastuträsk tåg
5. Rävildmyr	1,695,000 kr	6,069,750 kr	3,085,500 kr	2,887,500 kr	3,313,500 kr	3,448,500 kr	2,881,500 kr	2,984,100 kr	2,834,100 kr	2,834,100 kr	Bastuträsk tåg
6. Rävilden	1,977,500 kr	7,081,375 kr	3,807,450 kr	3,365,250 kr	3,862,250 kr	3,564,750 kr	3,361,750 kr	3,407,950 kr	3,232,950 kr	3,232,950 kr	Bastuträsk tåg
7. Holmtjärn	2,260,000 kr	8,093,000 kr	3,741,000 kr	3,610,000 kr	4,506,000 kr	3,898,000 kr	3,666,000 kr	3,718,800 kr	3,518,800 kr	3,518,800 kr	Bastuträsk tåg
8. Kristineberg	2,260,000 kr	8,093,000 kr	4,308,400 kr	3,830,000 kr	4,402,000 kr	4,582,000 kr	3,826,000 kr	3,962,800 kr	3,762,800 kr	3,762,800 kr	Bastuträsk tåg
Totalt	12,430,000 kr	44,511,500 kr	22,396,700 kr	20,583,000 kr	24,537,500 kr	22,869,000 kr	20,676,000 kr	21,113,400 kr	20,099,900 kr	20,099,900 kr	Bastuträsk tåg
	Tät morän	Bentont	1. Direkt lastbil (50 %)	2. Lastbil minimum	3. Lastbil maximum	4. Skellefteå lastbil	5. Skellefteå båt	6. Skellefteå tåg	7. Bastuträsk tåg	Lägst kostnad	Bästa scenario GLS
9. Udden	7,345,000 kr	26,302,250 kr	12,213,700 kr	11,446,500 kr	14,917,500 kr	12,711,500 kr	11,433,500 kr	11,689,100 kr	11,390,100 kr	11,390,100 kr	Bastuträsk tåg
10. Latsvall	7,345,000 kr	26,302,250 kr	16,039,500 kr	13,266,500 kr	16,243,500 kr	17,646,500 kr	14,163,500 kr	14,685,500 kr	14,191,500 kr	13,266,500 kr	2
11. Maurilden	8,475,000 kr	30,348,750 kr	14,581,900 kr	13,612,500 kr	16,822,500 kr	15,418,500 kr	13,762,500 kr	14,086,500 kr	13,336,500 kr	13,336,500 kr	Bastuträsk tåg
Totalt	23,165,000 kr	82,953,250 kr	42,835,100 kr	38,325,500 kr	47,983,500 kr	45,776,500 kr	39,359,500 kr	40,461,100 kr	38,918,100 kr	38,325,500 kr	2
	Tät morän	Bentont	1. Lastbil direkt (50 %)	2. Lastbil minimal	3. Lastbil maximal	4. Tåg Ånge och Storvik	Lägst kostnad	Bästa scenario GLS			
12. Enåsen	14,125,000 kr	50,581,250 kr	26,017,500 kr	25,687,500 kr	29,887,500 kr	22,259,100 kr	22,259,100 kr	4			
13. Garpenberg	14,125,000 kr	50,581,250 kr	29,367,500 kr	29,037,500 kr	33,237,500 kr	22,740,900 kr	22,740,900 kr	4			
14. Vassbo	36,725,000 kr	131,511,250 kr	80,702,500 kr	79,722,500 kr	90,707,500 kr	70,834,500 kr	70,834,500 kr	4			
Totalt	64,975,000 kr	232,673,750 kr	136,087,500 kr	134,447,500 kr	153,832,500 kr	115,834,500 kr	115,834,500 kr	4			