

Sluttäckning av avfallsdeponier ur ett nationellt perspektiv

Traditionella material eller restprodukter
- miljömässiga och ekonomiska konsekvenser

Hanna Engström
Åsa Ulwan



UPPSALA
UNIVERSITET

Teknisk- naturvetenskaplig fakultet
UTH-enheten

Besöksadress:
Ångströmlaboratoriet
Lägerhyddsvägen 1
Hus 4, Plan 0

Postadress:
Box 536
751 21 Uppsala

Telefon:
018 – 471 30 03

Telefax:
018 – 471 30 00

Hemsida:
<http://www.teknat.uu.se/student>

Abstract

Sluttäckning av restprodukter ur ett nationellt perspektiv

Coverage of landfills in a national perspective

Hanna Engström Åsa Ulwan

To reduce the amounts of waste being handled is of highest interest in Europe today. Sweden has made its legislation more rigorous in this regard. This has led to more stringent requirements on the design of landfills and many of today's landfills will be closed down. An extensive coverage of landfills will result in a large demand for covering materials. One additional resource to conventional aggregates and products could be industrial and municipal residues.

The objective of this report is to discuss the covering of landfills in Sweden from a national perspective. The report is based on an ongoing study that has compiled information regarding almost all landfills and possible resources in Sweden and describes economical and environmental aspects of importance.

The study indicates that there will be a shortage of conventional aggregates during the next five to ten years and, especially in some counties, create problems with the material supply. The usage of residual products can be profitable for both the landfill owner and the owner of residual products. However landfill covers including residual materials will be likely to give slightly higher leaching than covers with conventional materials. On the other hand the extraction of natural aggregates will increase the use of natural resources to a higher extent. Another important parameter to take into account was the variations in transport distances. To minimize the costs and reduce the effects on the environment it is important to make use of materials that arise locally.

Handledare: Bo Svedberg
Ämnesgranskare: Roger Herbert
Examinator: Elisabet Andrésdóttir
ISSN: 1650-8319, UPTec STS05 007
Sponsor: Ecoloop

Sammanfattning

Hur deponerat avfall ska hanteras är en fråga som i dag är aktuell inom hela Europa. Sverige har skärpt sin lagstiftning vilket har inneburit att kraven på deponier ökat. Många nuvarande deponier kommer inte att klara kraven och kommer därför att behöva avslutas inom de närmaste åren. Den omfattande sluttäckningen kommer att medföra ett ökat behov av täckningsmaterial. En lösning på problemet skulle kunna vara att använda restprodukter från kommunal och industriell verksamhet där flygaska, avloppsslam, bottenaska, slaggrus, fiberslam är några exempel på restprodukter.

Miljöpåverkan och den ekonomiska lönsamheten för deponi- och materialägaren är två aspekter som är intressanta att beakta vid val av tillgängliga täckningsmaterial. Syftet med detta arbete har varit att studera och problematisera sluttäckningen av Sveriges avfallsdeponier ur ett nationellt perspektiv. Detta gjordes genom att ekonomiska aspekter och miljöaspekter lyftes fram. Den ekonomiska kalkylen baseras på företagsekonomiska principer, och de svenska miljökvalitetsmålen har använts för val av relevanta miljöaspekter.

Studien visade att 1 900 hektar ska sluttäckas fram till 2010 vilket kommer att kräva cirka 11,4 M ton täckningsmaterial per år. Då återstår fortfarande cirka 1460 hektar varav cirka 460 kan bli aktuella för sluttäckning innan 2020. Leveranserna av traditionella material (krossat berg, grus) från täktverksamhet till olika samhällsbyggnadsprojekt är av storleksordningen 70 M ton per år. Samtidigt uppkommer cirka 43 M ton restprodukter varje år. Den största andelen restprodukter utgörs dock av gråberg från gruvindustrin i norra Sverige där förmodat långa transportavstånd (lastbil) inte gör detta material konkurrenskraftigt ekonomiskt. Om andelen gråberg inte betraktas som potentiella att nyttiggöra återstår 4,8 M ton restprodukter och av dessa deponeras 1,8 M ton idag.

Ur ett ekonomiskt perspektiv visade det sig gynnsamt för både deponi- och materialägare att restprodukter nyttiggörs i sluttäckning. Materialägare kan, genom att denne då undslipper deponiskatt och kostnader för drift av en eventuell deponi i egen regi, transportera materialen tiotals mil, vilket omvänt innebär att det för deponiägaren är lönsamt att inventera efter restprodukter på relativt långa avstånd. Traditionella material är konkurrenskraftiga om de ligger nära deponin.

Miljökvalitetsmål relaterade till naturresursanvändning och utlakning visade sig vara centrala. Den naturresurs som, bland de undersökta, är viktigast att skydda är naturgrus. Ett ökat uttag av naturgrus och täktverksamhet i allmänhet står i strid med miljömålet *God bebyggd miljö*. Med utgångspunkt i målet *Giftfri miljö* studerades emissioner från täckningsmaterial. Gällande utlakning av metaller gav täckningarna med restprodukter relativt sett ofta en högre utlakning. Det är dock svårt att dra några generella slutsatser kring detta då resultaten grundats på laboratorieförsök utan hänsyn till utformning av konstruktionen och förutsättningar i den kringliggande miljön. Om restprodukter inte används till deponitäckning måste de dessutom tas omhand på något annat sätt vilket likväl genererar emissioner. Frågan blir vilket som är det bästa sättet att hantera dessa på. En annan viktig miljöaspekt är transportavstånd, som påverkar både energianvändningen och emissioner till luften. För att minimera dessa är det viktigt att utnyttja material som finns lokalt. I län med många deponier kommer troligen en konkurrenssituation kring täckningsmaterial att uppstå. Att planera sluttäckningarna i tiden blir därmed betydelsefullt. Idag saknas det beslut i cirka 60 procent av de ärenden som länsstyrelsen arbetar med, något som indikerar att ett behov av stöd till både beslutande myndigheter och deponi- och materialägare för att etablera ett ekonomiskt och miljömässigt förhållningssätt.

Innehållsförteckning

Innehållsförteckning	1
1 Inledning - problemformulering	5
1.1 Syfte och frågeställningar	5
1.2 Definitioner	6
1.3 Metod	6
1.3.1 Miljösystemanalys – en användbar metod	7
1.3.1.1 Mål och omfattning	8
1.3.1.2 Inventeringsanalys	8
1.3.1.3 Normalisering	8
1.3.1.4 Resultattolkning	8
1.3.2 Metoddiskussion	9
2 Avgränsningar för miljömodellen och den ekonomiska kalkylen	9
2.1 Tre modelldeponier – en utgångspunkt	10
2.2 Ekonomi – kostnader vid olika sluttäckningsalternativ	11
2.2.1. Materialägaren – två ekonomiska utfall	11
2.2.1.1 Scenario 1	12
2.2.1.2 Scenario 2	12
2.2.2 Deponiägaren – två ekonomiska utfall	12
2.2.2.1 Scenario 1	12
2.2.2.2 Scenario 2	13
2.3 Miljö – Skillnader i miljöpåverkan vid olika täckningsalternativ	13
2.3.1 Tre olika sluttäckningar - två scenarier	13
2.3.1.1 Scenario 1	14
2.3.1.2 Scenario 2	14
2.4 Angränsande arbeten	14
3 Bakgrund – politiska och juridiska aspekter	15
3.1 Den internationella avfallsstrategin	15
3.2 Sveriges miljöarbete	16
3.3 Miljömålen	16
3.3.1 God bebyggd miljö	17
3.3.1.1 Delmål 4 – Uttag av naturgrus	17
3.3.1.2 Delmål 5 – Deponerat och genererat avfall	18
3.3.1.3 Delmål 6 – Avfallsdeponier	18
3.3.2 Giffri miljö	19
3.3.3 Begränsad klimatpåverkan	19
3.3.4 Frisk luft	20
3.3.5 Grundvatten av god kvalitet	20
3.3.6 Bara naturlig försurning	20
3.3.7 Ingen övergödning	20
3.3.8 Levande sjöar och vattendrag	21
3.4 Deponeringsförordningen 2001:512	21
3.4.1 Tillsyns- och tillståndsmyndigheter – deras funktioner	22
3.4.2 Lagen om skatt på avfall	22

4 Deponins uppbyggnad – nerifrån och upp	23
4.1 Geologisk barriär.....	23
4.2 Bottentätning.....	24
4.3 Sluttäckning	24
4.3.1 Avjämningsskikt.....	24
4.3.2 Gasdräneringsskikt.....	25
4.3.3 Tätskikt	25
4.3.4 Dräneringsskikt.....	26
4.3.5 Skyddsskiktet.....	26
4.3.6 Växtetableringsskiktet.....	26
5 Krav	27
5.1 Funktionskrav på en sluttäckning.....	27
5.2 Funktionskrav på täckningsmaterialen.....	27
5.3 Metoder för bedömningen av miljötekniska egenskaper.....	29
5.3.1 Lakteter.....	29
5.3.1.1 L/S kvoter	29
5.3.1.2 Kolonn- Skaktest	29
5.3.1.3 Tillgänglighetstest	30
5.3.2 Andra karaktäriseringstermer	30
5.3.2.1 Totalhaltsbestämning	30
5.3.2.2 pH-test	30
5.3.2.3 Permeabilitet och hydraulisk konduktivitet	30
5.3.2.4 Vattenkvot.....	30
5.3.2.5 Stabilisering.....	30
6 Täckningsmaterial.....	31
6.1 Traditionella täckningsmaterial	31
6.1.1 Ballast.....	31
6.1.1.1 Naturgrus	31
6.1.1.2 Morän.....	31
6.1.1.3 Krossberg.....	32
6.1.1.4 Sand.....	32
6.1.2 Schaktmassor.....	32
6.1.3 Geosynteter.....	32
6.2 Icke-traditionella täckningsmaterial - Restprodukter	33
6.2.1 Askor	34
6.2.1.1 Flygaska.....	34
6.2.1.2 Bioflygaska.....	34
6.2.2 Avloppsslam	35
6.2.3 Gummiklipp.....	36
6.2.4 Mesa.....	36
7 Täckningsmaterial – tillgång och efterfrågan.....	37
7.1 Inventering av materialbehovet - tillvägagångssätt.....	37
7.2 Behov av täckningsmaterial	38
7.3 Inventering av materialtillgången – tillvägagångssätt	40
7.4 Traditionellt material - tillgångar.....	40
7.5 Restprodukter – tillgångar.....	42
7.6 Resultat - behov & tillgångar.....	43

8 Ekonomiska kalkyleringar	46
8.1 Tillvägagångssätt	46
8.2 Deponiägarrens ekonomiska utfall	46
8.2.1 Råvarukostnader – traditionellt och icke-traditionellt material	47
8.2.2 Transportkostnad för traditionella material	47
8.2.3 Utläggingskostnader	47
8.2.4 Blandning av slam och aska – en extra kostnad	48
8.3 Materialägarrens ekonomiska utfall	48
8.3.1 Driftskostnader för materialägarrens deponi	48
8.3.2 Skatter vid deponering	49
8.3.3 Alternativ till deponering- gummiklipp och avloppsslam	50
8.3.4 Transportkostnader	50
8.4 Resultat - jämförelse mellan scenario 1 och 2	50
8.4.1 Deponiägare	50
8.4.2 Materialägare	52
9 Miljömodellen - Sluttäckning och miljöpåverkan	53
9.1 Tillvägagångssätt	53
9.1.1 Materialtransporter	53
9.1.2 Materialbehandling	54
9.1.2.1 Krossberg	55
9.1.2.2 Geotextil	55
9.1.2.3 Bentonitlera	55
9.1.3 Lakning	55
9.1.3.1 Val av data	56
9.1.3.2 Sand och Bergkross	56
9.1.3.3 Mesa	56
9.1.3.4 Morän	56
9.1.3.5 Gummiklipp	57
9.1.3.6 Flygaska	57
9.1.3.7 Flygaska och avloppsslam	57
9.1.3.8 Anläggningsjord	57
9.1.3.9 Bentonitmattor och geotextil	57
9.1.3.10 Nederbörd och infiltration	57
9.1.3.11 L/S kvot	58
9.2 Klassificering	59
9.3 Normalisering och miljöpåverkansbeskrivning	60
9.3.1 Energianvändning	62
9.3.2 Emissioner till luft	63
9.3.3 Energianvändning och emissioner till luft utifrån två lokala fall	64
9.3.3.1 Energianvändning	66
9.3.3.2 Emissioner till luft	68
9.3.4 Emissioner till vatten	70
9.3.5 Uttag av naturresurser	71
9.4 Resultat – jämförelse mellan scenario 1 och 2	72
10 Diskussion och slutsatser	72
11 Vidare arbeten	76

12 Referenser	77
Litteratur och Rapporter.....	77
Internet	81
Intervjuer.....	82
Bilaga 1 Beskrivningar av restprodukter	84
Bilaga 2 Antal hektar som skall sluttäcks i respektive län	92
Bilaga 3 Ekonomiska beräkningar	93
Bilaga 4 Miljöuträkningar	105
Bilaga 5 Kartbilder	118

1 Inledning - problemformulering

De flesta av oss har någon gång förvånats och förfasats över hur mycket sopor som vi slänger varje dag. Förr, innan källsorteringen och återvinningen fick genomslag, lades den allra största delen sopor på deponi. Deponier är vad vi annars brukar kalla soptippar dit avfall från bland annat hushåll, restprodukter och förorenad jord lämnats. Idag har vi därför ett stort antal deponier där diverse olika avfallsslag ligger. Då dessa kan utgöra ett miljöproblem, genom att gifter från avfallet läcker ut i mark och vatten, har det både i ett EU-direktiv och i en svensk förordning bestämts att merparten av dagens befintliga deponier ska avslutas och försees med en sluttäckning. Den nya förordningen, som kom år 2001, innebär att kraven på deponier skärpts kraftigt och har bland annat medfört att många nuvarande deponier ska sluttäckas till och med år 2008. Traditionellt sätt har jordmassor och bergmaterial tillsammans med någon form av tätande material använts för att sluttäcka deponier. Sluttäckningens huvudsakliga syfte är att utgöra en barriär så att vatten hindras från att tränga ner i deponin och dra med sig gifter ut. Vissa av de traditionella materialen är dock ändliga, naturliga resurser och, förutom att de endast finns tillgängliga i begränsad utsträckning, skulle ett ökat uttag strida mot ett regeringsbeslut om att vi ska hushålla med dessa. En intressant möjlighet till att lösa detta problem skulle därför kunna vara att använda alternativa material, det vill säga restprodukter, som uppkommer bland annat inom industrin. Detta skulle, förutom att minska uttaget av naturresurser, även bidra till en ökad återanvändning. Att använda restprodukter är dock inte helt enkelt. För att ett material ska vara lämpligt att använda i en sluttäckning måste det uppfylla vissa tekniska funktionskrav och dess potentiella miljöpåverkan måste utvärderas. Med bakgrund i detta vill vi utreda var i den eventuella samhällsnytta, som ett ökat tillvaratagande av restprodukter skulle kunna utgöra, ligger. Vi vill studera detta med avseende på miljöpåverkan, men även med avseende på den ekonomiska situationen för material- och deponiägare.

1.1 Syfte och frågeställningar

Syftet med detta arbete är att studera och problematisera sluttäckningen av Sveriges avfallsdeponier, ur ett nationellt perspektiv. Vi vill redogöra för den problematik som Sverige står inför då landets deponier ska sluttäckas och göra en ansats till att utvärdera hur/om alternativa täckningsmaterial bör utnyttjas. Målsättningen är att beskriva vilka parametrar som är av vikt för att bedöma vad som är det miljömässigt och ekonomiskt ”bästa” sättet att utföra sluttäckningsarbetet på. Utgångspunkten är att det i Sverige kan komma att råda brist på traditionella täckningsmaterial då många deponier täcks inom en kortare tidsperiod. Detta leder till en rad frågeställningar av nationell och regional karaktär:

- Hur arbetar vi med avfallsfrågor idag?
- Hur stor kommer efterfrågan på sluttäckningsmassor att vara under åren strax före och efter år 2008?
- Hur ser tillgången på traditionella material ut?
- Hur ser tillgången på restprodukter ut?
- Hur skiljer sig sluttäckning med traditionella material från täckning med restprodukter, ekonomiskt och miljömässigt?

Frågan hur/om restprodukter ska utnyttjas beror i denna utvärdering på dels om det, för material- respektive deponiägaren, är ett ekonomiskt lönsamt alternativ och dels av den

miljöpåverkan som ett utnyttjande av restprodukter i täckningen har i förhållande till användandet av traditionella täckningsmassor. Rapporten vänder sig till allt från deponi- och materialägare som kan behöva fatta beslut om sluttäckningsmaterial på enskilda deponier till länsstyrelser och kommuner samt andra industrier eller organisationer som kommer att involveras i sluttäckningsarbetet på en mer övergripande policy-nivå.

1.2 Definitioner

I detta avsnitt förklaras vad som avses med vissa, för rapporten, centrala begrepp.

- **Sluttäckning:** Samlad term för en permanent övertäckning av deponin. Består oftast av avjämningsskikt, tätskikt, dräneringsskikt, skyddsskikt och växtetableringsskikt.
- **Traditionella material:** De massor som fram till idag har använts och föreslagits som lämpliga att använda i sluttäckningskonstruktioner. Dessa utgörs av jordmassor såsom till exempel morän och grus tillsammans med tillverkade material som har hög täthet. En genomgång av dessa material görs i avsnitt 6.1.
- **Materialägare:** Den industri, person eller det kommunala bolag, vars verksamhet genererar restprodukter, exempelvis förbränningsanläggningar som genererar aska eller kommunala reningsverk som genererar slam.
- **Deponiägare:** Kommun eller person som äger deponin och är ansvarig för att den sluttäcks.
- **Icke-traditionella material:** I denna rapport likställs begreppet icke-traditionella material med restprodukter från materialägare. Definitionen av vad en restprodukt är har hämtats från Statens geotekniska institut (SGI) som har gjort en inventering av restprodukter som kan utgöra ersättningsmaterial för naturgrus och bergkross i anläggningsbyggande. Enligt SGI definieras restprodukter som:

”Överblivet material i process eller konsumtion som borde kunna återvinnas och nyttiggöras i stället för att deponeras”. Restprodukter anses falla under den avfallsdefinition som följer av Miljöbalken ”Med avfall avses varje föremål, ämne eller substans som ingår i en avfallskategori och som innehavaren gör sig av med eller avser eller är skyldig att göra sig av med.” (15 kap 1§, SFS 1998:808). Att restprodukterna kan nyttiggöras i anläggningsbyggande eller har ett ekonomiskt värde utesluter inte att de utgör ett avfall. Begreppet ”att göra sig av med” i MB:s avfallsdefinition innefattar även återvinning av ett avfall.¹”

En genomgång av dessa material görs i kapitel 6.2 samt i bilaga 1

1.3 Metod

För att kunna besvara frågeställningarna i syftet:

1. Görs en litteraturstudie, dels för att få kunskap om den nationella och internationella lagstiftning som reglerar hur sluttäckningen av deponier ska utföras i Sverige, och dels för att få kunskap om uppbyggnaden av en sluttäckning och varför den behövs. Litteraturstudien syftar också till att få kunskap, genom och om liknande studier som tidigare gjorts inom området.

¹ Wik O., et al (2003) *Inventering av restprodukter som kan utgöra ersättningsmaterial för naturgrus och bergkross i anläggningsbyggande*. SGI på uppdrag av SGU. Diariennr: 2-0203-0182 och Projektnr: 11243, s 7

2. Beskrivs traditionella och icke-traditionella material som idag bedöms som aktuella att använda i sluttäckningskonstruktioner.
3. Görs en inventering över behovet av täckningsmassor och information om Sveriges kommunala och industriella deponier sammanställs. Då det i dagsläget saknas tillförlitlig statistik över detta, görs telefonintervjuer och/eller används e-post korrespondens med personer som har kunskap om länets eller kommunens alla deponier och/eller personer som har information om enskilda deponier.
4. Används branschstatistik för att få information om tillgången på traditionella material samt tillgången på restprodukter som är intressanta ur sluttäckningssynpunkt.
5. Skapas tre stycken modelldeponier med olika sluttäckningsalternativ.
6. Skapas en ekonomisk kalkyl och en miljömodell.
7. Utförs två fiktiva fallstudier i syfte att kunna jämföra ekonomiska skillnader och miljöpåverkan för de olika modelldeponierna. Modelldeponierna "förläggs" då till mellersta och norra Sverige. Slutsatserna kommer till stor del att grundas på utslagen i de fiktiva fallstudierna, då det är i dessa de ekonomiska och miljömässiga parametrar som uppskattas vägs samman.

Då detta arbetet omfattar tre delstudier: en inventering, en ekonomisk kalkyl samt en miljömodell, kommer tillvägagångssätt och resultat att beskrivas och redovisas under respektive delmoment i rapporten.

1.3.1 Miljösystemanalys – en användbar metod

Eftersom frågan hur deponier ska sluttäckas på "bästa sätt" i stor mån handlar om att strukturera och samordna tillgängliga resurser på ett bra sätt och en systemanalys lägger fokus vid helheten, strukturen och relationerna mellan delarna av ett problemområde, har ett sådant angreppssätt valts. I en systemstudie skapas en modell över systemet som ska studeras, dels för att formalisera och renodla de väsentliga egenskaperna hos systemet och dels för att avgränsa det som inte är väsentligt för studien.²

Inom miljösektorn finns det en mängd olika metoder som syftar till att belysa hur hänsyn ska tas till miljöaspekter i olika beslutssituationer. En del av dessa är mera konceptuella medan andra är mera praktiska och handfasta till sin karaktär. Till den sistnämnda kategorin hör så kallade miljösystemanalyser (MSA). Den metodik som används i denna rapport för att beskriva miljöpåverkan kallas Livscykelanalys (LCA) som är en typ av MSA.³

LCA är ett synsätt som syftar till att ge en helhetsbild när en aktivitet bedöms ur miljösynpunkt medan effekter som är sociala och ekonomiska inte tas i beaktande⁴. Effekterna av det sistnämnda uppskattas i stället i denna rapport utifrån den metod som beskrivs i avsnitt 2.2. Bedömningen av påverkan från en aktivitet ska baseras på hela livscykeln från utvinning av råmaterial, distribution, användning, underhåll, återvinning till slutlig deponering. Då en analys av detta slag är komplex ges verktygen för att strukturera data genom LCA-metodiken. Metoden kan delas in i fyra steg: mål och omfattning, inventeringsanalys, miljöpåverkansbeskrivning och resultattolkning.⁵

² Gustavsson L., Lanshammar H., Sandblad B. (2000) *System och modell. En introduktion till systemanalysen*. Studentlitteratur, Lund, s.1-25

³ Rydh C-J., Linddahl M., Tingström J. (2002) *Livscykelanalys – en metod för miljöbedömningar av produkter och tjänster*. Studentlitteratur, Lund (2002)

⁴ Ibid.

⁵ Moberg Å., et al (1999) *Miljösystemanalytiska verktyg – en introduktion med koppling till beslutssituationer*. Forskningsgruppen för miljöstrategiska studier på uppdrag av Naturvårdsverket. Rapportnr: 251, s.1-15

1.3.1.1 Mål och omfattning

Utgångspunkten, och ett viktigt steg i en LCA, är att klarlägga syftet och målet med studien det vill säga fastställa den funktion som hela systemet ska uppfylla och som utgör basen. För att funktionen ska kunna studeras måste den kunna mätas, något som görs med hjälp av den så kallade funktionella enheten som är ett mått på systemets prestationsförmåga eller funktion och som all data relateras till. Då det är omöjligt att innefatta alla processer i analysen måste även systemgränser identifieras och fastställas.⁶ Det finns tre huvudtyper av systemgränser i en LCA:

1. Den mellan naturen och det tekniska systemet. Grundregeln är att alla flöden ska följas till den punkt där de extraherades ur naturen. Utflöden ur systemet ska följas tills de avgår som emissioner⁷.
2. Gränser för allokering, som beskriver vilka miljöbelastningar som ska placeras på det studerade systemet och vilka som ska placeras på andra system.
3. Avvägningar mellan vilka flöden som ska studeras och vilka som anses försumbara.⁸

1.3.1.2 Inventeringsanalys

I en inventeringsanalys ingår datainsamling, beräkningsarbete, och någon form av känslighetsbedömning. De systemgränser som fastställts preciseras ytterligare och resultatet av inventeringen blir en summering av alla in- och utflöden ur systemet relaterade till den funktionella enheten. För att reda ut hur olika miljöbelastningar påverkar systemet bör miljöproblemen delas in i olika *effektkategorier* såsom växthuseffekt, försurning, övergödning etcetera och sedan *klassificeras*. Med det menas att de emissioner som flödar ut ur systemet härrörs till en effektkategori. Slutligen görs en *karaktärisering* som syftar till att kvantifiera varje ämnes bidrag till respektive effektkategori.⁹

1.3.1.3 Normalisering

För att bedöma vilka interna faktorer som är av stor vikt när det gäller miljöpåverkan från det studerade systemet görs, utifrån resultaten i karaktäriseringen, en *normalisering*. Med normalisering avses att relatera miljöpåverkan från ett valt system till den totala påverkan som sker från samhället.¹⁰

1.3.1.4 Resultattolkning

Även om värderingsmetoder, så som exempelvis normalisering, används för att bearbeta den information som erhålls i LCA-studien ska slutsatser i resultattolkningen dras utifrån hela studien. De delsteg som utgör livscykelanalysen bör vidare kombineras med olika känslighets- och osäkerhetsanalyser.¹¹

⁶ Moberg Å., et al (1999), s.1-15

⁷ Här avses utsläpp till luft och vatten

⁸ Moberg Å., et al (1999), s.1-15

⁹ Ibid.

¹⁰ Ibid.

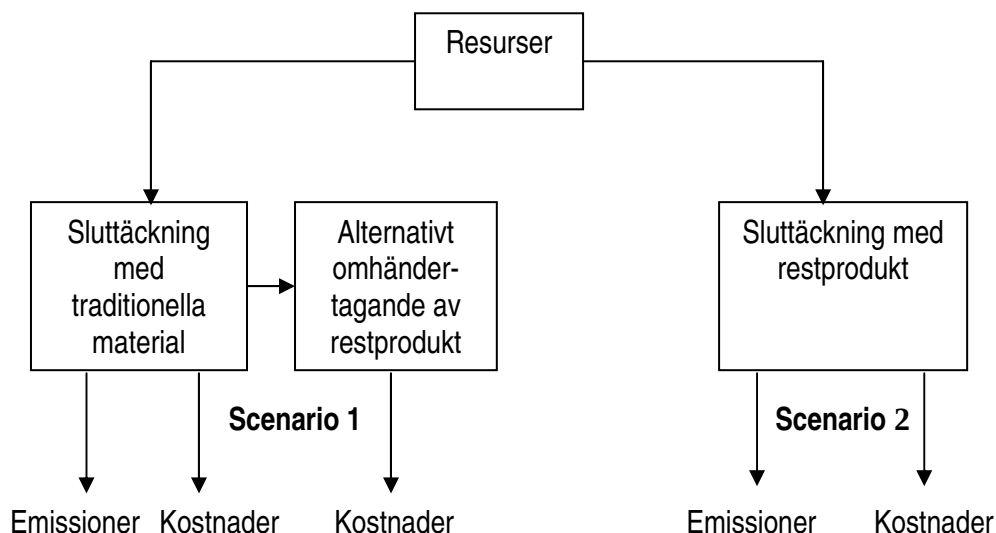
¹¹ Ibid.

1.3.2 Metoddiskussion

Att använda MSA-metoden i form av LCA när miljöpåverkan ska beräknas ger möjlighet att undersöka miljöpåverkan i ett bredare perspektiv. Det är dock viktigt att ha i beaktande, att när ett vidare perspektiv antas kan osäkerheten i datan öka. LCA-metoden kritiseras ofta för just det. Därför är det viktigt att beskriva precis vilka antaganden som har gjorts genom studien och att känslighetsanalyser som visar hur resultatet ändras när olika parametrar varierar utförs. De systemgränser som väljs kommer också att påverka resultatet. I denna studie har till exempel de icke-traditionella materialen hela tiden setts som restprodukter och därmed har inte den miljöpåverkan som uppstår när de "tillverkas" tagits i beaktande. LCA är, trots sina brister, antagligen den bästa idag tillgängliga metoden för att studera komplexa system.

2 Avgränsningar för miljömodellen och den ekonomiska kalkylen

För att precisera vad som behöver studeras, så att syftet med denna rapport ska kunna uppfyllas, har en översiktlig figur skapats, figur 1. In i systemet som studerats kommer resurser i form av till exempel råvaror och bränsleförbrukning. I scenario 1 - de vänstra "lådorna", täcks deponin med traditionella material medan restprodukterna tas omhand på ett alternativt sätt. Ut från "lådan" kommer emissioner samt kostnader för deponi- och materialägare som täckningen med traditionella material givit upphov till. När det gäller den ekonomiska undersökningen beaktas även alternativt omhändertagande av restprodukter i detta scenario. I scenario 2 - den högra "lådan", täcks deponin med restprodukter och ut från "lådan" kommer emissioner och kostnader som den icke-traditionella täckningen har givit upphov till. Anledningen till att ett alternativt omhändertagande av restprodukter beaktas när deponin täcks med traditionella material är att restprodukter kommer att uppkomma oavsett vilket täckningsalternativ som antas.



Figur 1. Principskiss över de två scenarier vars utfall kommer att studeras med avseende på kostnader och miljöpåverkan.

Då rapporten syftar till att beskriva problematiken vid val av sluttäckningsmetod ur ett nationellt perspektiv, är delar av de resultat som redogörs i rapporten inte rättvisande i det enskilda fallet där lokala förutsättningar inverkar på resultatet. Målet är dock att ge en generell helhetsbild inom Sverige.

Då många deponier, till följd av den nya förordningen om deponering av avfall, kommer att sluttäckas fram till och under de närmaste åren efter 2008 är detta en studie som försöker blicka framåt. Åldern på underlagsdatan som använts har varierat men informationen har dock valts utifrån tanken att den ska vara så aktuell som möjligt.

2.1 Tre modelldeponier – en utgångspunkt

För att kunna mäta miljöpåverkan och kostnader har tre stycken modelldeponier med tre olika fiktiva sluttäckningar skapats. Utformningen av sluttäckningarna gjordes i samråd med Josef Mácsik¹², teknisk doktor i miljö- och geoteknik. Dessa utgörs av en deponi som täckts med traditionella material och två deponier som täckts med restprodukter. Materialen som ingår i tätskiktet i de två sistnämnda modellerna är en blandning av bioflygaska och avloppsslam respektive mesa. Dessa material beskrivs i avsnitt 6.2. Materialen har valts utifrån tanken att de ska vara relativt vanligt förekommande och lämpliga som ersättningsmaterial. Av modelldeponierna har sedan två scenarier formats. Då en jämförelse mellan en täckning med traditionella material och en täckning med icke-traditionella material ska göras utgörs, enligt ovan, scenario 1 av en täckning med traditionella material, medan scenario 2 utgörs av en täckning med icke-traditionella material. I respektive scenario ingår även att deponin/deponierna "lokaliseras" till både mellersta och norra Sverige.

Anledningen till att modelldeponierna lokaliseras till olika delar av landet beror dels på att tillgången på täckningsmaterial ser annorlunda ut i olika delar av landet och dels på att klimatskillnader ibland förändrar hur utformningen av sluttäckningen ser ut. I ett kallare klimat tränger tjälen djupare ner i marken, vilket ställer andra krav på mäktigheten, det vill säga tjockleken, hos sluttäckningen. I modelldeponierna som visas i figur 2 och 3 ses att tjockleken på skydds- och dräneringsskiktet förändrats mellan mellersta och norra Sverige för den traditionella täckningen. I mellersta Sverige är den totala mäktigheten hos sluttäckningen cirka 2 meter medan den i norra Sverige är 3 meter. Anledningen till att mäktigheten endast förändras i scenario 1 är att dräneringsskiktet i scenario 2 består av gummiklipp som har en god värmeisolerande förmåga och därför hindrar tjälen från att tränga ner¹³. I södra Sverige skulle sluttäckningen med avseende på tjälen kunna vara ännu tunnare än vad som beskrivs på bilden. Ett visst djup är dock bra att behålla då täckningen även fungerar som ett grävskydd för både djur och människor.

Det som har störst påverkan på tjäldjupen i en jord är årsmedeltemperaturen, köldmängden i luften och snödjupet.¹⁴ Det är med hjälp av SMHI:s observationer¹⁵ över de tre nämnda påverkansfaktorerna som Sverige har delats in i två delar. Mellersta Sverige innefattar Svealand, men även Götaland då ingen skillnad på mäktigheten i täckningen gjorts där och norra Sverige innefattar södra och norra Norrland.

Då anläggningsjorden i vegetationsskiktet användes i lika stor omfattning i alla modelldeponier har detta material ej beaktats.

¹² Mácsik Josef, Ecoloop, samtal under våren -05

¹³ Edeskär T., (2004) *Gummiklipp som konstruktionsmaterial i mark- och anläggningstekniska tillämpningar*. Luleå tekniska universitet. ISSN:1402-1727, s.33-41

¹⁴ Avén S., Stål T., Wedel P. (1984) *Handboken Bygg Geoteknik*. LiberFörlag, Stockholm, s.528

¹⁵ SMHI: www.smhi.se, 19/5-05

Växtetableringsskikt: Anläggningsjord 0,5 meter
Skyddsskikt: Morän Mitten av Sverige 0,8 meter Norra Sverige 1,8 meter
Geotextil 0,03 meter
Dräneringsskikt: Sand 0,2 meter
Tätskikt: Bentonitmatta 0,06 meter
Avjämningskikt: Sand 0,5 meter
Avfall

Figur 2. En traditionell täckning i mellersta och norra Sverige.

Växtetableringsskikt: Anläggningsjord 0,5 meter
Skyddsskikt: Morän 0,7 meter
Geotextil 0,03 meter
Dräneringsskikt: Gummiklipp 0,3 meter
Tätskikt: Flygaska och Avloppsslam / Mesa 0,5 meter
Avjämningskikt: Flygaska 0,5 meter
Avfall

Figur 3. En icke- traditionell täckning i mellersta och norra Sverige.

2.2 Ekonomi – kostnader vid olika sluttäckningsalternativ

Samhället har samma intresse som ett företag att beräkna kostnader och intäkter. Att göra lönsamhetskalkyleringar av offentliga investeringsprojekt är dock som regel mycket svårare än att göra det för ett företag. En samhällsekonomisk vinst måste på något vis kvantifieras så att den kan jämföras med andra investeringar, det vill säga få ett marknadspris. Marknadspriset är dock inte alltid överensstämmande med det sociala värdet. Hur marknadspriset bör vägas emot det sociala värdet är en fråga av individuell karaktär. I offentliga projekt påverkas ofta en mängd olika intressegrupper vilka värderar fördelar och nackdelar på olika sätt, något som gör att samhällsekonomiska kalkyler är svåra att göra.¹⁶

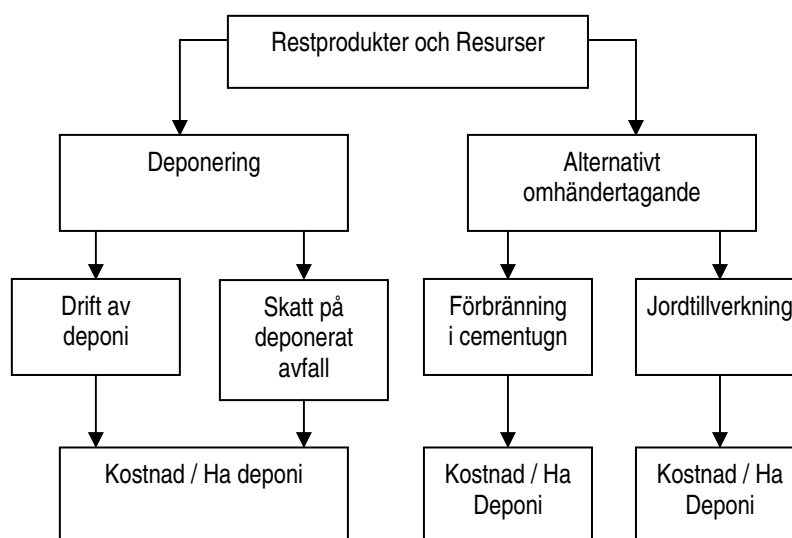
När det i denna rapport talas om ekonomiska faktorer åsyftas vilka kostnader som materialägaren och deponiägaren har och innefattar därmed inte den problematik som beskrivits ovan. Kalkylen har skapats för att belysa vilka de ekonomiska faktorerna som styr kostnaderna för materialägaren respektive deponiägaren är och hur stora deras respektive bidrag är. Detta sker utifrån två scenarier för materialägaren respektive deponiägaren, och de kostnader som har kalkylerats är driftskostnaden för en deponi, deponiskatt respektive råvaru-transport och utläggningsskostnad. Alla kostnader relateras till den funktionella enheten kronor/hektar deponi.

2.2.1. Materialägaren – två ekonomiska utfall

För materialägaren finns det två tänkbara alternativ där det ena är att upprätta en deponi där de uppkomna restprodukterna deponeras eller, i de fall då ingen deponering sker, tas omhand på ett alternativt sätt. Det är endast gummiklipp och avloppsslam som inte deponeras och då huvuddelen av dessa går till jordtillverkning respektive energiutvinning i cementindustrin är det kostnaden för dessa alternativ som har ställts mot fallet där materialen används till en deponitäckning. Detta är scenario 1 som visas i figur 4. Det andra är att hitta ett annat användningsområde till restprodukterna, det vill säga utnyttja dem som en resurs. I denna undersökning antas att materialägaren betalar transporterna av restprodukterna till en deponi för sluttäckning. Detta är scenario 2 som visas i figur 5.

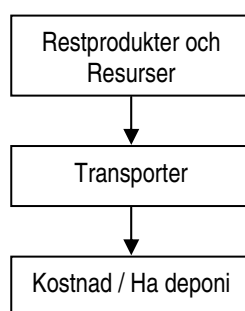
¹⁶ Mattsson, B., (1972) *Samhällsekonomiska kalkyler*. Universitetsförlagen, Stockholm

2.2.1.1 Scenario 1



Figur 4. Kostnadsutfall för materialägaren i scenario 1

2.2.1.2 Scenario 2

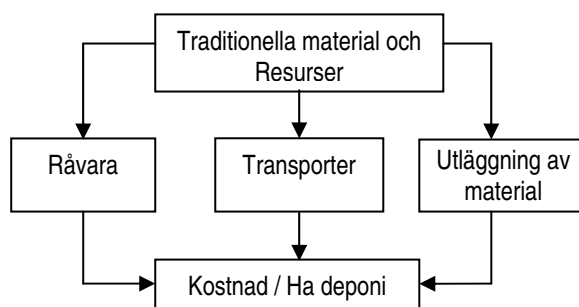


Figur 5. Kostnadsutfall för materialägaren i scenario 2

2.2.2 Deponiägaren – två ekonomiska utfall

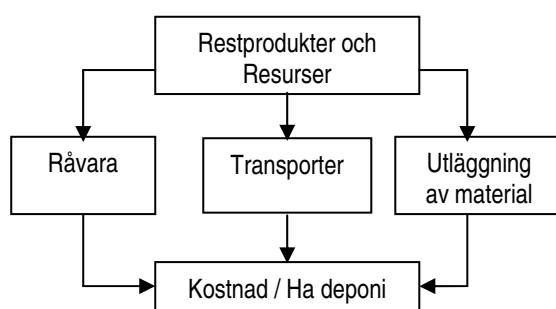
Den kommunala deponiägaren är å andra sidan förr eller senare skyldig att sluttäcka deponin. Även i detta fall finns det två alternativ; antingen att använda traditionella täckningsmaterial, scenario 1 som visas i figur 6, eller att använda restprodukter från materialägaren, scenario 2 som visas i figur 7.

2.2.2.1 Scenario 1



Figur 6. Kostnadsutfall för deponiägaren i scenario 1

2.2.2.2 Scenario 2



Figur 7. Kostnadsutfall för deponiägaren i scenario 2

2.3 Miljö – Skillnader i miljöpåverkan vid olika täckningsalternativ

Miljömodellen syftar till att kunna jämföra den miljöpåverkan som uppkommer, dels om traditionella material används till sluttäckning och dels om restprodukter används. Analysen grundas på LCA-metodiken men materialens hela livscykel kommer inte att behandlas. Detta är dels för att avgränsa arbetets storlek och dels en följd av databrist. De delar av livscykeln som, utifrån syftet, är intressanta att ta hänsyn till är de som skiljer sig åt i de olika utfallen och som beskrivs nedan. För restprodukterna från materialägaren börjar studien då materialen uppfyllt sitt primära syfte och slutar när de använts i sluttäckningen av en deponi eller deponerats, det vill säga kasseras. För de traditionella materialen börjar studien då dessa material tillverkas och slutar då materialen har använts i sluttäckningen av en deponi. De energi- och materialflöden som studerats har bestämts utifrån resultat av tidigare forskning på deponiområdet och tillgänglig data.

Även Sveriges miljömål har varit till hjälp då dessa ligger till grund för den nationella miljöpolitiken och identifierar de områden som anses viktiga i Sveriges miljöarbete. Miljömålen anger även vilken typ av verksamhet som ger upphov till problem inom respektive område. Genom detta har de flöden som påverkar miljön kunnat klassificeras under olika effektkategorier. Då syftet med miljömodellen är att kunna jämföra den miljöpåverkan som uppkommer vid olika täckningsalternativ har, precis som vid de ekonomiska uträkningarna, den funktionella enheten valts till miljöpåverkan per hektar deponi.

2.3.1 Tre olika sluttäckningar - två scenarier

Tre huvudområden identifierades inom vilka miljöbelastningen antogs vara tillräckligt stor för att vara intressant att allokeras till respektive scenario. Dessa är:

- Användning av energi
- Emissioner till luft från transporter av material och från energianvändning vid materialbehandling¹⁷ av traditionella och icke-traditionella material.
- Emissioner till vatten genom lakning¹⁸ från den traditionella och icke-traditionella sluttäckningen.

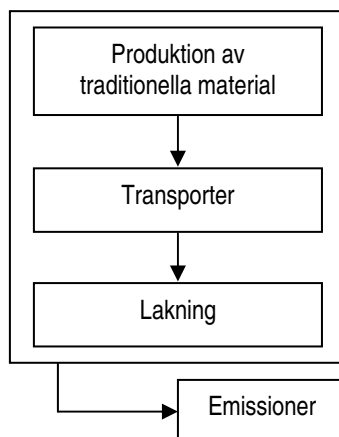
En aspekt som inte finns med i flödesschemat över miljöpåverkan men som kommer att diskuteras i senare kapitel är nyttan med att använda restprodukter då det ökar återvinningen och sparar naturresurser.

¹⁷ Med materialbehandling avses både processer i vilka materialen tillverkas, som till exempel vid tillverkning av geotextil, men även processor som krossning av berg och klippning av däck.

¹⁸ Vatten som passerat genom deponin och förorenats och sedan sprids till omgivningen. (National Encyclopedin. www.ne.se, 4/5-05)

2.3.1.1 Scenario 1

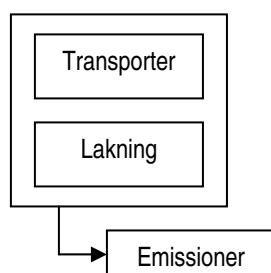
I scenario 1, som visas i figur 8, täcks deponierna med traditionella material.



Figur 8. Parametrar som påverkar miljön i scenario 1

2.3.1.2 Scenario 2

I detta scenario 2, som visas i figur 9, täcks deponierna med icke-traditionella material.



Figur 9. Parametrar som påverkar miljön i scenario 2

2.4 Angränsande arbeten

Detta arbete består, som tidigare beskrivits, av tre delar: En del som syftar till att utreda tillgången och efterfrågan på täckningsmaterial de närmaste åren, en del som utreder de ekonomiska konsekvenserna av olika täckningsalternativ samt en del som utreder miljöpåverkan vid olika täckningsalternativ.

En studie som har likhet med de två första delarna i denna rapport har gjorts av NCC Teknik¹⁹ som behandlar frågeställningar i samband med såväl projektering som utförande av anpassnings- och avslutningsplaner. I NCC:s studie görs dels en uppskattning över hur stor efterfrågan på täckningsmaterial kommer att vara fram till år 2008 och dels en inventering av restprodukter som kan vara lämpliga i tätskikt.

Inom den ekonomiska ramen har en rapport utförts av Statens geologiska institut (SGI)²⁰. Denna syftade till att göra en kostnadsuppskattning över både drift av deponiverksamhet och kostnaderna för en sluttäckning med traditionella täckningsmaterial. För icke-traditionella material har Scandiaconsult, på uppdrag av Stockholm Vatten AB²¹, bedömt

¹⁹ Johansson K., et al (2003) *Marknadsstudie. Materialåtgång vid anpassning/avslutning av deponier*. NCC teknik på uppdrag av MinBas. Uppdragsnummer 7024226

²⁰ Wik O., Wadstein E., Rosqvist H. (2002) *Kostnader för deponering av avfall*. Statens geotekniska institut på uppdrag av Naturvårdsverket. Diariernr: 2-0211-0641 och Projektnr: 11436

²¹ Mizgalewics M., et al (2001) *Slam i mark och anläggningsbyggande. Avvattnat vattenverks- och avloppsslam*. Scandiaconsult Sverige AB på uppdrag av Stockholm Vatten

marknadspotentialen för att använda avloppsslam som tätskikt i deponier. Slutsatsen från denna studie var att det troligen är anläggnings- och materialspecifika förhållanden som kommer att avgöra vilken den kostnadseffektivaste lösningen är vid sluttäckningen av en deponi.

Den MSA metod som har använts i detta arbete för att bedöma miljöpåverkan har även använts i ett flertal olika arbeten. Inom Värmeforsk, som är ett samarbetsorgan för energi-, process- och tillverkningsindustri, har ett arbete gjorts där MSA använts för att utreda potentialen för användning av restprodukter. I arbetet utfördes två fallstudier i vilka nyttjandet av bottenaskor och flygaskor som ersättningsmaterial för konventionella material i anläggningsbyggande, såsom fyllnadsmaterial i vägar och täckningsmaterial i deponier jämfördes²². Ännu ett exempel på en analys i vilken MSA använts för att jämföra konventionella material och restprodukter har gjorts i Finland²³. Där evaluerades användningen av traditionella material i en vägkonstruktion med användandet av restprodukter i form av bland annat askor och slagg. Arbetet resulterade i ett Excel-blad utifrån vilket en LCA-baserad inventering, av samma typ som i denna rapport, skulle kunna göras. De tidigare arbeten som studerats har varit till hjälp i vår studie dels genom ge att uppslag till hur vårt arbete kan läggas upp och dels som genom att viss data som tagits fram i de tidigare arbetena har kunnat användas som underlagsdata i denna studie.

3 Bakgrund – politiska och juridiska aspekter

I detta kapitel ges en kort bakgrund till den miljö- och avfallspolitik som idag förs både inom EU och i Sverige.

3.1 Den internationella avfallsstrategin

I den första övergripande avfallsstrategin som EU utarbetade etablerades en så kallad avfallshierarki som rangordnar olika sätt att hantera avfall. Första prioritet i denna hierarki har åtgärder för förebyggande av avfall, det vill säga minskad deponering, följt av återanvändning, återvinning och till sist säkert omhändertagande av avfall.²⁴ Deponerat avfall kan ge negativa effekter på människa och miljö genom att skadliga ämnen som metangas och lakvatten läcker till omgivningen under en lång tidsperiod.²⁵ I äldre deponier finns dessutom ofta giftiga, miljöskadliga ämnen som i dag hanteras med större försiktighet.²⁶ För att förebygga och minska dessa negativa effekter antog EU år 1999 ett deponeringsdirektiv som innebar att kraven på deponier kom att skärpas kraftigt. Deponeringsdirektivet fick genomslag i Svensk lagstiftning år 2001 vilket skedde dels via förordningen 2001:512 om deponering av avfall, den så kallade deponeringsförordningen, och dels genom Naturvårdsverkets föreskrift 2001:14 om deponering av avfall.²⁷ De åtgärder som deponeringsdirektivet och förordningen lett till kan huvudsakligen delas in i två huvudstrategier. Att minska utsläppen från deponierna på lång sikt genom att reglera hur deponierna utformas och sköts är en av dessa. Detta ska

²² Kärrman E., et al (2005) *Miljösystemanalys för användning av restmaterial- Regionalt perspektiv på askor i anläggningsbyggande*. Värmeforsk Service AB, Stockholm, Projektnr: Q-248. Slutrapport (manus)

²³ Mroueh UM., et al (2001) *Life-cycle impacts of the use of industrial by-products in road and earth construction*, s.271-277 Waste Management 21(2001)

²⁴ Fredriksson G., et al (2002) *Ett ekologiskt hållbart omhändertagande av avfall*. Naturvårdsverket (2002) Rapportnr: 5177, ISSN: 0282-7298, s.27

²⁵ Naturvårdsverket: <http://www.naturvardsverket.se/index.php3?main=/dokument/teknik/depo/deponi.html>, 20/1-05

²⁶ Naturvårdsverket (2003) *Utvärdering av genomförandet av deponeringsdirektivet*. Naturvårdsverket, Diariennr: 641-592-02, s.7

²⁷ Naturvårdsverket: <http://www.naturvardsverket.se/dokument/lagar/lagdepo/lagdepo.htm>, 2/2-05

bland annat ske genom att strängare krav ställs på deponiernas botten tätning och bottenbarriärer samt på uppsamling av lakvatten och gas. Den andra strategin är att minska mängden av och skadligheten hos deponerat avfall som kan tas om hand på annat sätt.²⁸ I januari 2002 genomförde EU även en omdefiniering av begreppet farligt avfall, så att fler produkter omfattas av denna lagstiftning och i december höjdes kraven på deponiernas förbränningsanläggningar för att gynna renare utsläpp²⁹.

3.2 Sveriges miljöarbete

Den svenska miljöpolitiken har som övergripande mål att jobba mot en hållbar utveckling där syftet är att kunna överlämna ett samhälle till nästa generation där de stora miljöproblemen är lösta³⁰. För att uppnå detta har en genomgående förändring inom miljölagstiftningen varit nödvändig, vilket skedde i och med den så kallade miljöbalksreformen som trädde i kraft januari 1999. Huvudtanken med reformen var att modernisera, bredda och få en bättre översikt över reglerna i de 15 miljölagar som tidigare reglerade miljöarbetet. Detta åstadkoms genom att samla dessa i en gemensam miljöbalk. Grundtanken i balken är att skydda människors hälsa och miljö mot skador och olägenheter, vårda och skydda värdefulla natur- och kulturmiljöer, bevara den biologiska mångfalden, använda mark, vatten och fysisk miljö så att en långsiktig och god hushållning tryggas och likaså hushålla med material, råvaror och energi samt att uppnå ett kretsloppssamhälle genom återanvändning och återvinning. Som ett komplement till balken har regeringen tagit fram 15 miljö kvalitetsmål (miljömål) som gör att miljöarbetet i dag kan lägga större vikt vid mål- och resultatstyrning än den tidigare lagstiftningen tillät.³¹

3.3 Miljömålen

Miljömålen ligger till grund för den nationella miljöpolitiken och ska vara uppfyllda till och med år 2020. Utöver dessa huvudmål har regeringen även fastställt 71 delmål som ytterligare konkretiserar miljöarbetet genom att ange den inriktning och det tidsperspektiv som behövs för att miljömålen ska uppfyllas.³² I delmålen anges mer i detalj vilka enskilda föroreningar eller andra problem som behöver åtgärdas och vilka riktlinjer som ska gälla för sådana åtgärder³³. För att kunna följa upp miljömålen används miljöindikatorer, nyckeltal och index.³⁴ För att miljömålen ska kunna uppnås och för att förebygga eller åtgärda befintliga miljöproblem, har även juridiska styrmedel i form av så kallade miljö kvalitetsnormer utformats, som regleras av miljöbalken³⁵. Dessa innehåller föreskrifter för lägsta godtagbara miljö kvalitet hos mark, vatten, luft och miljön i övrigt.³⁶ I detta avsnitt redogörs för de miljömål som berörs av arbetet med deponislut täckningar. Det är med bakgrund mot de miljömål som beskrivs nedan som de parametrar som mäts för att uppskatta miljö påverkan från deponitäckning har valts ut. Miljömålen kan i sin tur relateras till ett antal effektkategorier, vilket kommer att göras i avsnitt 9.2.

²⁸ Naturvårdsverket (2003), s.1

²⁹ Fredriksson G., et al (2002), s.29

³⁰ Regeringen: <http://www.regeringen.se/sb/d/2055>, 2/2-05

³¹ Naturvårdsverket: <http://www.naturvardsverket.se/index.php3?main=/dokument/lagar/mbalkinf/mbalk.htm>, 2/2-05

³² Regeringen: <http://www.regeringen.se/sb/d/2055>, 2/2-05

³³ Naturvårdsverket: <http://www.naturvardsverket.se/dokument/hallbar/miljomal/intro.html>, 4/2-05

³⁴ Naturvårdsverket: <http://www.naturvardsverket.se/dokument/hallbar/indikat/indikat.html#vad>, 2/2-05

³⁵ Naturvårdsverket: <http://www.naturvardsverket.se/dokument/lagar/kvalnorm/mkn.html>, 4/2-05

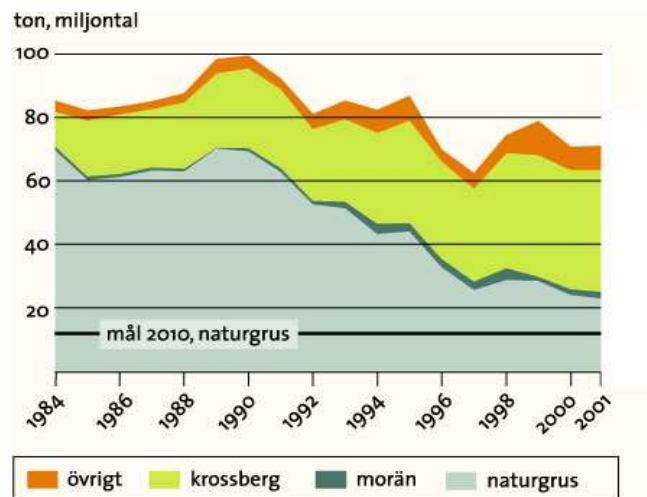
³⁶ Naturvårdsverket: <http://www.naturvardsverket.se/index.php3?main=/dokument/lagar/mbalkinf/mbalk.htm>, 2/2-05

3.3.1 God bebyggd miljö

Miljömålet God bebyggd miljö syftar till att bebyggd miljö, såsom städer och tätorter, ska utgöra och medverka till en lokalt och globalt god och hälsosam livsmiljö. Den myndighet som till stor del berörs av detta miljömål och har målsvaret är Boverket som sköter frågor kring byggnader, fysisk planering och hushållning med mark och vatten.³⁷ De delmål som rör deponering inom miljömålet är främst delmål 6 som behandlar avfallsdeponier, men även delmål 4 som rör uttag av naturgrus och delmål 5 som reglerar deponerat och genererat avfall.³⁸

3.3.1.1 Delmål 4 – Uttag av naturgrus

Traditionella material utgörs, som tidigare nämnts, av bland annat naturgrus, det vill säga av naturen sorterade jordarter. Naturgrus är en ändlig resurs som bör skyddas. För att göra detta, och stödja den övergripande strategin för kretslopp och hushållning, har vi i Sverige bestämt att uttaget av naturgrus år 2010 högst ska vara 12 miljoner ton per år. Tanken i ett långsiktigt perspektiv är bland annat att naturgrusavlagringar ska finnas kvar som grundvattenmagasin. I figur 10 visas en bild över hur användningen av olika ballastmaterial, däribland naturgrus, har förändrats mellan år 1984 och 2001.



Figur 10. Leveranser av ballast år 1984-2001³⁹

Tillstånd via länsstyrelsen för att starta en täkt av ballastmaterial är det äldsta och viktigaste sättet att skydda naturgruset. År 1996 infördes dessutom en skatt på naturgrus som år 2002/2003 uppgick till tio kronor per ton och krav på regionala grushållningsplaner har upprättats där ett antal platser identifierats på vilka ett långsiktigt naturgrusupptag kan tillåtas. Idag pågår även ett arbete som syftar till att försöka hitta material som kan ersätta naturgruset, där bergkross är ett av alternativen som föreslås. Ibland har dock naturgruset entydiga tekniska fördelar.

Enligt lagen ska också andelen återanvänt material utgöra 15 procent av ballastanvändningen, vilket kommer att medföra ett minskat uttag av naturgrusresurserna. När det gäller detta anser Boverket att fortsatta insatser behövs på två områden, nämligen att

³⁷ Boverket (2003) *Fördjupad utvärdering av miljömålsarbetet. God bebyggd miljö*. Boverket, ISBN: 91-7147-727-1, Diariernr: 2081-2531/2002, s.3

³⁸ Berg Å, et al (2003) *Grus, sand och krossberg. Produktion och tillgångar 2003*. Sveriges geologiska undersökning. ISSN 0283-2038

³⁹ SGU: <http://www.sgu.se/sgu/sv/miljo/miljomal/god-bebyggd/index.html>, 14/4-05

bedöma vilka material som är återanvändbara i ett långsiktigt hållbart samhälle och att använda styrmedel för att integrera återanvändning av bygg- och anläggningssektorns restprodukter. Vad som ska betecknas som återanvänt material har inte definierats på ett klart sätt men enligt Boverket bör industriella restprodukter, rivningsrester, överskott av berg och grus från anläggningsbyggande, gråberg från malmgruvor, ballastmaterial som producerats inom ett vägbygge och skrotsten i naturstenstäckter ingå i begreppet. Den skärpta deponiförordningen i kombination med deponiskatt anses vara den åtgärd som har störst inverkan på hanteringen av återanvändbart material då de som tidigare deponerat motiveras, genom kostnadshöjningarna, att undersöka alternativa lösningar. Största hindret är osäkerheten kring vilken effekt olika material har på miljön och vilket ansvar de som levererar materialen har. Om olämpliga material återanvänds kan det medverka till att gifter sprids i högre grad, något som kan stå i konflikt med miljömålet Giftfri miljö.⁴⁰

3.3.1.2 Delmål 5 – Deponerat och genererat avfall

Syftet med detta delmål är att stimulera resurshushållning genom minskad deponering och generering av avfall. Tanken är att mängden deponerat konsumtions- och produktionsavfall ska minska med 50 procent av 1994 års nivå till år 2005. De vanligaste åtgärderna i dag för att minska mängden deponerat avfall är återvinning, återanvändning och förbränning med energiutvinning. För att kunna öka materialåtervinningen ytterligare anser Boverket dock att det är viktigt att arbetet med verktygen för att göra miljöbedömningar vidareutvecklas. Detta för att förhindra spridningen av farliga ämnen som annars skulle kunna vara en följd av ökad materialåtervinning. Ett övergripande syfte med miljökvalitetsmålet God bebyggd miljö är därför att avfallens farlighet ska minska och att restprodukter ska sorteras så att de kan behandlas efter sina egenskaper och därefter återförs till kretsloppet. Trots arbetet som gjorts för att minska mängden avfall och öka återvinningen kommer dock inte det uppsatta målet att nås.⁴¹ Industriavfall utgör i dag den största delen avfall.⁴² Delar av detta material utgörs av restprodukter som har en möjlighet att tillvaratas för återanvändning som täckmaterial på deponier.

3.3.1.3 Delmål 6 – Avfallsdeponier

I och med att kunskapen om avfallshantering och deponering har ökat, har även oron för föroreningsspridning blivit större både nationellt och internationellt. Enligt delmålet om avfallsdeponier ska alla Sveriges deponier ha uppnått en hög och enhetlig standard senast år 2008. Dessa ska uppfylla de miljökrav som finns i EG:s beslutandedirektiv om deponering av avfall och ska leda till att de föroreningar som läcker ut i marken och påverkar samhället minskar. Det är dock endast de deponier som är i drift 2008 som omfattas av målet. De deponier som inte kommer att kunna uppfylla de högre kraven eller som inte är ekonomiskt lönsamma kommer att läggas ner efter detta år. I dag redan nedlagda deponier behandlas i miljökvalitetsmålet Giftfri miljö under delmålet förorenade områden, då dessa oftast har lägre standard och därmed sämre skydd mot föroreningsläckage. Genom deponeringsförordningens och delmålets krav på ökad utsortering av avfall, förbudet mot att deponera organiskt material och det ökade ansvar som läggs på deponiägaren, kommer kostnaderna för att driva en deponi att höjas. Således kommer Sverige, enligt Boverket, att få ett färre antal men volymmässigt större deponier.⁴³

⁴⁰ Boverket (2003) *Fördjupad utvärdering av miljömålsarbetet. God bebyggd miljö*. Boverket, ISBN: 91-7147-727-1, Diariennr: 2081-2531/2002, s.31-35

⁴¹ Ibid, s.37

⁴² Naturvårdsverket: www.naturvardsverket.se, 4/4-05

⁴³ Boverket (2003), s.45

3.3.2 Giftfri miljö

Det finns en mängd ämnen som kan hota människors hälsa och/eller den biologiska mångfalden. Miljömålet Giftfri miljö syftar till att miljön ska vara fri från sådana ämnen och ambitionen är att detta ska ske inom en generation. Ämnen som påverkar hälsa och miljö negativt tillförs Sverige med ungefär 30 miljoner ton per år och en stor mängd farliga ämnen finns upplagrade i samhället på bland annat avfallsdeponier. Läckage från farligt avfall som lagts på deponi är därmed en viktig åtgärds punkt och regler för hur avfall hanteras.⁴⁴

Tre av de fem delmål som preciserar miljömålet giftfri miljö ytterligare är utfasning av särskilt farliga ämnen, fortlöpande minskning av hälso- och miljöriskerna med kemikalier och riktvärden för miljö kvalitet. Dessa ska tillsammans förhindra att nyproducerade varor innehåller ämnen med vissa specifikt skadliga egenskaper, att indikatorer och nyckeltal tas fram för att minska hälso- och miljöriskerna vid framställning och användning av kemiska ämnen och slutligen att det för minst 100 kemiska ämnen finns fastlagda riktvärden.⁴⁵ Utsläpp av giftiga ämnen från industrianläggningar har också stor betydelse för detta miljömål och tas upp under miljömålet *Frisk luft*.⁴⁶

3.3.3 Begränsad klimatpåverkan

Fossila bränslen står för 75% av världens energiförsörjning⁴⁷. Vid förbränning av dessa bildas växthusgaser som inte deltagit i det naturliga kretsloppet mellan atmosfär och växtlighet och som därmed inte kan bindas av växterna⁴⁸. Miljömålet för begränsad klimatpåverkan syftar till att klimatförändringarna ska stabiliseras på en nivå som innebär att människans påverkan på klimatsystemet inte blir farlig.⁴⁹ Ett av delmålen för begränsad klimatpåverkan är därför att medelvärde för de svenska utsläppen av växthusgaserna, bland annat koldioxid, metan och dikväveoxid, ska vara minst 4 % lägre än utsläppen år 1990. Detta innebär att halten växthusgaser, räknat som koldioxidekvivalenter⁵⁰, ska vara stabiliserade på en halt lägre än 4,5 ton koldioxidekvivalenter per år och invånare.⁵¹

Utsläppen av koldioxid domineras av trafiksektorn, som ökat sina utsläpp av växthusgaser med 8 % sedan 1990, där tunga godstransporter står för en del av ökningen⁵². Växthusgasemissioner, i form av koldioxid och metan, uppkommer även vid deponering av organiskt avfall och deponierna i Sverige beräknas stå för ca 3 % av landets totala växthusgasutsläpp. Dessa bör dock minska i och med deponeringsförordningens regler rörande deponigasinsamling och kommande förbud mot att deponera organiskt och brännbart avfall.⁵³ Åtgärder för att begränsa klimatpåverkan har ofta även betydelse för en rad andra miljömål utöver klimatmålet, och då främst miljömålen *Frisk luft*, *Bara naturlig försurning* och *Ingen övergödning*.

⁴⁴ Fredriksson G., et al (2002)

⁴⁵ Miljömålsportalen: http://miljomal.nu/om_miljomalen/miljomalen/mal4.php#gift_1#gift_1, 4/2-05

⁴⁶ Naturvårdsverket (2002) *Prioriteringar för att nå miljömålen, Redovisning av ett regeringsuppdrag*. Naturvårdsverket. Rapportnr: 5250, s.61-79

⁴⁷ Naturvårdsverket (2002) *Ett ekologiskt hållbart omhändertagande av avfall*. Naturvårdsverket. Rapportnr: 5177, s 50

⁴⁸ Naturvårdsverket: <http://www.naturvardsverket.se/dokument/fororen/klimat/vaxthus.html#Koldioxid>, 16/2-05

⁴⁹ Naturvårdsverket: <http://www.naturvardsverket.se/dokument/hallbar/miljomal/nyamal/klimm1.html>, 16/2-05

⁵⁰ Koldioxidekvivalenter är ett uttryck som ofta används för att på ett enkelt sätt kunna jämföra inverkan av olika gasers klimatpåverkan. Man brukar nämligen normera övriga växthusgaser med koldioxids växthusgaspotential som därför alltid är ett. (Regeringen: <http://www.regeringen.se/content/1/c4/19/16/35bd2919.pdf>, 27/4-05)

⁵¹ Naturvårdsverket: <http://www.naturvardsverket.se/dokument/hallbar/miljomal/nyamal/klimm1.html>, 16/2-05

⁵² Järbäcker E., et al (2003) *Begränsad klimatpåverkan, underlagsrapport för fördjupad utvärdering av miljömålsarbetet*. Naturvårdsverket, Rapportnr: 5316, s.102

⁵³ Naturvårdsverket (2002) *Ett ekologiskt hållbart omhändertagande av avfall*. Naturvårdsverket. Rapportnr: 5177, s 50

3.3.4 Frisk luft

Miljömålet för frisk luft innehåller en rad begränsande årsmedelvärden för svaveldioxid, kvävedioxid, marknära ozon och utsläpp av flyktiga, organiska ämnen (VOC)⁵⁴.

Miljömålet har, med avseende på deponisluttäckning, många gemensamma beröringspunkter med målet Begränsad Klimatpåverkan och Giftfri miljö.

3.3.5 Grundvatten av god kvalitet

Detta miljömål ska förhindra att grundvattnets kvalitet och nivå påverkas negativt av mänskliga aktiviteter såsom förbrukning, markanvändning, uttag av naturgrus och tillförsel av föroreningar. Dessutom ska det utläckande grundvattnets kvalitet inom en generation vara sådant att det bidrar till en god livsmiljö för växter och djur i sjöar och vattendrag samt. uppfyller kraven för god dricksvattenkvalitet enligt gällande svenska normer.⁵⁵

Två aspekter som varit vägledande vid valen av delmål rörande grundvatten är grundvatten som del i det ekologiska systemet och grundvatten som dricksvattenresurs. I det ekologiska systemet fungerar grundvattnet som transportör av näringsämnen och kemiska ämnen till mark och vattendrag. Grundvattnets status definieras som god om halten av förorenade ämnen inte överstiger miljökvalitetsnormerna för grundvatten och därmed inte utgör betydande fara för djurliv och miljö.⁵⁶ De nya och hårdare krav som ställts på konstruktionen av Sveriges deponier är en av åtgärderna för att hindra miljöfarliga ämnen från att hamna i grundvattnet. När det gäller grundvatten i form av dricksvattenresurs är de ändliga naturgrustäkter som finns i Sverige av betydelse, då dessa fungerar som grundvattenmagasin. Enligt delmålet ska grundvattenförande geologiska formationer av vikt för vattenförsörjningen senast år 2010 enligt lag skyddas mot exploatering som begränsar vattenanvändning⁵⁷.

3.3.6 Bara naturlig försurning

Försurning orsakas främst av nedfall av försurande luftföroreningar som har sitt ursprung i svavel- och kväveutsläpp från transporter, energianläggningar, industri och jordbruk. Utsläppen av svaveldioxid har störst betydelse för försurningen i Sverige, men även kväveoxidutsläppen spelar en stor roll. Miljömålet innehåller riktlinjer som ska reglera hur stora de försurande effekterna av nedfall och markanvändning bör vara för att understiga gränsen för vad mark och vatten tål.⁵⁸

3.3.7 Ingen övergödning

Ingen övergödning syftar till att begränsa utsläppen av övergödande ämnen till mark och vatten, såsom fosforföreningar, kväve, kväveoxid samt ammoniak⁵⁹.

⁵⁴ Naturvårdsverket: <http://www.naturvardsverket.se/dokument/hallbar/miljomal/nyamal/friskmm2.html>, 22/3-05

⁵⁵ Naturvårdsverket: http://miljomal.nu/om_miljomalen/miljomalen/mal9.php#gen, 22/3-05

⁵⁶ SGU (1999) Miljökvalitetsmål 2. Grundvatten av god kvalitet. Sveriges geologiska undersökningar, ISBN: 91-7158-618-0, s 13

⁵⁷ Naturvårdsverket: http://miljomal.nu/om_miljomalen/miljomalen/mal9.php#grundvatten_1, 22/3-05

⁵⁸ Naturvårdsverket: <http://www.naturvardsverket.se/dokument/hallbar/miljomal/nyamal/forsumm3.html>, 22/3-05

⁵⁹ Naturvårdsverket: <http://www.naturvardsverket.se/dokument/hallbar/miljomal/nyamal/overgmm7.html>, 22/3-05

3.3.8 Levande sjöar och vattendrag

Miljömålet syftar till att vattendrag ska vara ekologiskt hållbara och deras variationsrika livsmiljöer ska bevaras. För att uppfylla målet är det bland annat viktigt att belastningen från näringsämnen och föroreningar minskar. Detta då övergödning och försurning idag är två viktiga miljöproblem.⁶⁰

3.4 Deponeringsförordningen 2001:512

Deponeringsdirektivets krav finns formulerade under det svenska miljömålet God bebyggd miljö. Enligt målet ska alla Sveriges deponier sträva mot en god och enhetlig standard och uppfylla vissa specificerade miljökrav. Tanken är att detta ska ske genom att avfallet begränsas till färre och mer miljövänliga deponier. Deponeringsförordningen innehåller en rad delmål. Dessa ska vara uppfyllda till och med sista december år 2008, för alla deponier som fortfarande kommer att vara i drift efter detta år. Därför var alla de befintliga verksamheter som omfattas av förordningen, senast 1 juli år 2002 skyldiga att lämna in en anpassnings- eller avslutningsplan. I planen skulle deponins dåvarande status samt de åtgärder som behöver vidtas för att uppfylla kraven i förordningen, redovisas.⁶¹

Sveriges deponier måste enligt förordningen indelas i tre klasser. Den första är deponi för farligt avfall, det vill säga ämnen som är explosiva, cancerframkallande, smittoförande etcetera⁶². Den andra klassen är deponi för icke-farligt avfall och den tredje deponi för inert avfall, det vill säga avfall som inte genomgår några väsentliga fysikaliska, kemiska eller biologiska förändringar och vars lakvatten därmed kommer att ha ett obetydligt totalt föroreningsinnehåll. Om Naturvårdsverket inte har föreskrivit annat får endast avfall som hör till respektive klass dumpas på deponin. Detta beror på att kraven som ställs på handhavande, transport, behandling och sluttäckning för de olika typerna ser olika ut.⁶³

Som nämndes ovan är en av de två huvudstrategierna, i Sveriges miljöarbete som rör avfallsfrågor, att minska mängden av och skadligheten hos deponerat avfall som kan tas om hand på annat sätt. Denna strategi har fått ett antal tydliga utslag på förordningen. Bland annat får deponering av utsorterat brännbart avfall inte längre ske och från år 2005 får inte organiskt avfall deponeras. Detta beror på att sådant avfall i förmultningsprocessen bildar metangas som bidrar till växthuseffekten.⁶⁴ För att minska skadligheten hos avfallet finns det även krav på att endast avfall som har behandlats får deponeras. Detta syftar till att förändra avfallet så att dess farlighet minskar och hantering eller återvinning av avfallet underlättas. Kravet gäller dock inte deponiklassen för inert avfall.⁶⁵

I förordningen ingår också nya regler för hur mottagning av avfall på deponier ska ske. Dessa togs fram av Naturvårdsverket som ett komplement till deponeringsdirektivet och började gälla år 2004. Reglerna innebär att allt avfall som deponeras ska vara karaktäriserat och dokumenterat av avfallsproducenten. Avfallsproducenten ska därmed känna till avfallets egenskaper, innehåll och hur stor urlakningen av föroreningar bedöms vara. En karaktärisering kräver oftast att avfallet testas enligt standardiserade metoder och av ackrediterade laboratorier. Även provtagningen inför dessa tester ska ske enligt en provtagningsstandard. Vissa avfallstyper såsom icke-farligt avfall är dock undantagna från

⁶⁰ Naturvårdsverket: <http://www.naturvardsverket.se/dokument/hallbar/miljomal/nyamal/sjoarmm8.html>, 11/5-05

⁶¹ Naturvårdsverket (2003), s.1

⁶² SFS (2001) *Avfallsförordning*. SFS 2001:1063

⁶³ SFS (2001) *Förordningen om deponering av avfall*. SFS 2001:512, 2§-15§

⁶⁴ Naturvårdsverket (2003), s. 3-7

⁶⁵ SFS (2001) *Förordningen om deponering av avfall*. SFS 2001:512, 14§

delar av dessa krav.⁶⁶ Huruvida avfallet får tas emot eller inte beror dels på det aktuella tillståndet för den enskilda deponin och dels på bestämmelserna i de nya föreskrifterna. Vid mottagning av avfall finns det, från och med år 2005, gränsvärden för hur stor andel av vissa skadliga ämnen som de olika deponiklasserna får ta emot. Om avfallet innehåller högre nivåer än de satta gränsvärdena får de inte deponeras utan måste behandlas för att minska i miljöskadlighet.⁶⁷ Naturvårdsverket har sammanställt en handbok som syftar till att ge verksamhetsutövare, tillstånds- och tillsynsmyndigheter råd och vägledning i frågor som rör tillämpningen av förordningen om deponering av avfall.⁶⁸

3.4.1 Tillsyns- och tillståndsmyndigheter – deras funktioner

Tillsynsmyndigheten utgörs till exempel av en länsstyrelse eller kommun och har till uppgift att kontrollera efterlevnaden av miljöbalken samt föreskrifter, domar och andra beslut som har meddelats med stöd av balken. Myndigheten ska även fungera som rådgivare och informatör samt skapa förutsättningar för att miljöbalken efterlevs.⁶⁹

Deponiägaren har, som tidigare nämnts, haft krav på sig att lämna in en anpassnings- eller avslutningsplan till tillsynsmyndigheten. Anpassningsplanen ska lämnas in från verksamheter som kommer att fortsätta ta emot avfall efter 1 januari år 2009 och syftar till att beskriva vilka åtgärder som kommer att vidtas för att uppfylla kraven som förordningen om deponering av avfall ställer. Avslutningsplanen å sin sida ska beskriva de åtgärder som behöver vidtas för att avsluta deponin och här ska bland annat uppgifter om sluttäckningens utformning ingå. Om tillsynsmyndigheten bedömer att de åtgärder som anges i anpassnings- eller avslutningsplanen är tillräckliga kan planen godkännas. Om tillsynsmyndigheten istället bedömer att de redovisade uppgifterna inte är tillräckliga, eller att en åtgärd i planen behöver tillstånd enligt Miljöbalken kapitel 9 om miljöfarlig verksamhet och hälsoskydd, ska detta anges i det beslut som tas om den inlämnade planen. Ansökan om tillstånd till miljöfarlig verksamhet prövas i sin tur av miljödomstol/tillståndsmyndigheten.

Om verksamhetsutövaren vill söka ett avsteg från förordningen ska tillsynsmyndighetens bedömning inte föregripa tillståndsmyndighetens. Tillsynsmyndigheten kan inte bestämma undantag eller avsteg om någon annan del av förordningen än den del som gäller sluttäckningen. För övriga avsteg, till exempel gällande skydd mot läckage av lakvatten och skydd mot inträngande av yt- och grundvatten i deponin krävs det beslut från tillståndsmyndigheten.⁷⁰

3.4.2 Lagen om skatt på avfall

Avfallsskatten är ett viktigt styrmedel när det gäller deponeringsproblematiken. Den infördes 1 januari år 2000 (höjdes 1 januari 2003) och regleras av lagen om skatt på avfall⁷¹. Skattens syfte är att minska andelen deponering och att öka incitamenten för att använda avfall på ett sätt som är bättre ur miljösynpunkt.⁷² Avfallsskatt ska betalas om mer än 50 ton avfall per år förs till en avfallsanläggning där den ska förvaras under längre tid, vilket avser 3 år upp till

⁶⁶ Naturvårdsverket: <http://www.naturvardsverket.se/dokument/teknik/depo/depodok/regler.htm#eubeslut>, 21/1-05

⁶⁷ Naturvårdsverket: <http://www.naturvardsverket.se/dokument/teknik/depo/depodok/regler.htm>, 21/1-05

⁶⁸ Handbok (2004:2) *Deponering av avfall*, med allmänna råd till förordningen (2001:512) om deponering av avfall och till kap. 34 § miljöbalken (1998:808)

⁶⁹ Miljöbalk (1998:808)

⁷⁰ SFS (2001) *Förordningen om deponering av avfall*, SFS 2001:512

⁷¹ SFS (1999) *Lag om skatt på avfall*, SFS 1999:673

⁷² Naturvårdsverket: <http://www.naturvardsverket.se/dokument/hallbar/miljoeko/ovrigt/avfall.htm>, 2/2-05

slutgiltig förvaring (deponering). Skatten är 370 kronor per ton avfall och det är den som bedriver verksamheten, det vill säga deponiägaren, som är skyldig att betala denna kostnad.⁷³

4 Deponins uppbyggnad – nerifrån och upp

På en deponi ansamlas ämnen som är skadliga för miljön och därför är det viktigt att förhållandena på platsen för deponin motverkar spridningen av dessa. Detta kan säkerställas antingen genom att de naturliga förhållandena på den valda platsen är lämpliga, eller, vilket oftare är fallet, genom att kompletteringar av de naturliga förhållandena görs och att en väl fungerande sluttäckning konstrueras efter att deponin tagits ur drift.⁷⁴

I detta kapitel redogörs för de olika barriärer som minskar de negativa effekterna från deponering. I figur 11 visas dels två barriärer som finns under avfallet under och efter drift och dels sluttäckningen som tillkommer först efter det att deponin har tagits ur drift.

Växtetableringsskikt
Skyddsskikt
Dräneringsskikt
Tätsskikt
Avjämningskikt
AVFALL
Bottentätning
Geologisk barriär

Figur 11. Sluttäckningen utgörs av de skikt som finns ovanpå avfallet. Gasdräneringsskiktet syns inte i figuren men i de fall det förekommer, ligger det mellan avjämningskiktet och tätsskiktet.

Materialförslagen som nämns i detta kapitel grundar sig framför allt på de massor som traditionellt sett använts i sluttäckningar. I kapitel 6 kommer materialen att diskuteras närmare och då även alternativa lösningar.

4.1 Geologisk barriär

Den geologiska barriären ska under lång tid, kanske tusentals år, utgöra en säkerhet om andra barriärer mister sin funktion. Den ska även kunna ta hand om små mängder lakvatten som genereras efter att avfallsupplaget avslutats.⁷⁵ Detta ska ske genom att lakvattnet från deponin filtreras genom underliggande marklager så att föroreningar läggs fast eller bryts ned. När lakvatten passerar genom marken sker en naturlig reningsprocess, men för att reningen ska bli tillräckligt effektiv krävs att lakvattnet inte når recipienten (mottagaren av föroreningen), i detta fall grundvattnet, alltför snabbt. Om barriären släpper igenom vattnet alltför snabbt kommer den naturliga reningsprocessen inte att vara tillräckligt effektiv, men det kan även

⁷³ SFS (1999) *Lag om skatt på avfall*. SFS 1999:673

⁷⁴ Handbok (2004:2) *Deponering av avfall*, med allmänna råd till förordningen (2001:512) om deponering av avfall och till kap. 34 § miljöbalken (1998:808)

⁷⁵ Rihm T., et al (2002) *Drift vid deponerings anläggningar. Återvinning, förbehandling och deponering*. Svenska renhållningsverksföreningen. s.72

uppkomma problem om barriären är alltför kompakt. Detta då barriärens täthet kan leda till ett förhöjt vattentryck vilket till slut kan orsaka att lakvattnet rinner ut vid sidan av deponin. Om det finns en risk för att föroreningar kan läcka ut på det sättet är det viktigt att det, efter driftfasen, finns ett skydd mot ytligt föroreningsläckage.⁷⁶

Då de naturliga förutsättningarna för att uppfylla ovannämnda krav brister, kan marken prepareras med en konstgjord geologisk barriär och ett bottenskikt.⁷⁷ Vid anläggandet av en geologisk barriär kan till exempel specialprocessad lera i blandning med annat material som sand eller stenmjöl användas. Kvaliteten på barriären kontrolleras sedan genom att densiteten på barriären mäts och dess genomsläpplighet testas.⁷⁸ Täthetskraven på den geologiska barriären beror på vilket typ av avfall som ligger i deponin. För en deponi med inert material krävs till exempel att transporttiden för vatten genom barriären är över ett år medan det för en deponi med farligt avfall krävs en transporttid på över 200 år.⁷⁹

4.2 Bottentätning

Ovanpå den geologiska barriären ska det finnas en så kallad bottentätning. Detta skikt kan bestå av en geosyntet⁸⁰, av till exempel plast eller gummi, som ska ge skydd mot det lakvatten som tillkommer genom nytt avfall och regnvatten. Då sluttäckningsskiktet kommer att hindra regnvatten från att läcka in i deponin har bottenskiktet inte samma krav på beständighet som den geologiska barriären, utan behöver bara fungera under de år som deponin är verksam.⁸¹ För att bottentätningen ska fungera väl krävs det att vattenbelastningen inte är alltför hög. Detta kan åtgärdas genom att ett lutande dräneringslager av grovt material läggs ut ovanpå bottentätningen.⁸²

4.3 Sluttäckning

En sluttäckning kräver stora mängder material till uppbyggnad av olika skyddslager och bristen på lämpligt material kan bli en begränsande faktor. En plan för sluttäckning kan därför vara till hjälp för att säkerställa tillgången på täckningsmaterial. Precis när sluttäckningen ska ske kräver en individuell bedömning, men den bör utföras snart efter att deponin tagits ur bruk. Viktigt är dock att överväganden kring sättningsutvecklingen i deponin utvärderas och vid behov åtgärdas innan sluttäckningen görs. Vid vilken tidpunkt täckningen bör ske blir alltså en avvägning mellan risken för en större spridning av föroreningar (som läckage av gas och spridning av lakvatten) vilket kan orsakas av en sen sluttäckning och risken att eventuella sättningar, som skadar sluttäckningen, inte har hunnit visa sig då täckningen skett för tidigt.⁸³

4.3.1 Avjämnings-skikt

För att tätskikt och/eller andra skyddsåtgärder som hindrar lakvatten från att nå grundvattnet ska fungera krävs att ojämna sättningar, skred och ras som skadar barriärerna förhindras. Vid

⁷⁶Handbok (2004:2) 34 §

⁷⁷ Rihm T., et al (2002) *Drift vid deponerings anläggningar. Återvinning, förbehandling och deponering*. Svenska renhållningsverksföreningen. s.73

⁷⁸Handbok (2004:2) 34 §

⁷⁹ SFS (2001) *Avfallsförordning*. SFS 2001:512

⁸⁰ Samlingsnamn för olika syntetiska material och produkter som används inom anläggningsbyggande. Hit räknas geotextil, geonät, geomembran och geokomposit (Svenska Geosyntetföreningen: <http://cgi.geosyntetforeningen.a.se/tat.shtml>, 1/2-05)

⁸¹ Handbok (2004:2) 34 §

⁸² Rihm T., et al (2002) *Drift vid deponerings anläggningar. Återvinning, förbehandling och deponering*. Svenska renhållningsverksföreningen. s.73-74

⁸³ Handbok (2004:2) 34 §

deponeringen bör därför avfallet homogeniseras och komprimeras så att avjämningsskiktet blir så tunt som möjligt. Hur mycket materialet bör komprimeras beror dock på vilket typ av material som ingår, men syftet med packningen ska vara att deponin uppnår en stabilitet som är beständig och en lutning som är större än 1:20. Redan under driftfasen är det därför viktigt att ha avslutningen i åtanke. I de fall då avfallet inte självt fungerar som utjämningslager kan slaggrus, schaktmassor, och andra grovkorniga massor som sand användas.⁸⁴ Om deponin innehåller organiskt material bör skiktet inte vara för tätt så att gas tillåts passera lagret som då samtidigt fungerar som ett gasdräneringsskikt⁸⁵.

4.3.2 Gasdräneringsskikt

Då deponering av organiskt avfall sker uppkommer, vid den biologiska nedbrytningen, metangas, eller så kallad deponigas. Om denna gas behöver hanteras och avledas beror av den mängd gas som potentiellt kan bildas, och en individuell bedömning för när gasinsamling måste ske blir avgörande. Deponier som ska avslutas före år 2008 omfattas inte av detta krav, men för att minska påverkan på växthuseffekten och riskerna för skador på sluttäckningen kan det dock vara önskvärt. Beroende på mängden avfall som tillkommer, andelen organiskt material och hur lång tid deponin funnits ser gasutvecklingen olika ut. Vid uppbyggnaden av en ny deponi ska ett system för gasinsamling alltid inkluderas.⁸⁶

4.3.3 Tätskikt

Tätskiktets funktion är långsiktig och det ska hållas intakt i flera hundra år. Dess uppgift är att förhindra nederbörd och syre från att tränga in i avfallet. Under skiktets funktionstid finns en mängd faktorer som kan påverka det. Rotpenetration, erosion, tjäle, fysikalisk påverkan av överlast, biologisk och kemisk åldring, jonbyte, torksprickor och gaskondens är några av dessa. För att minska risken för påfrestningar på tätskiktet bör det vara täkt med massor på minst 1,5 meter. Mineraliska material såsom leror, bentonitblandat⁸⁷ stenmjöl, samt geosynteter⁸⁸ i kombination med mineraliska material (kompositskikt) eller andra material som är täta och beständiga är lämpliga att använda här.

Biologiskt nedbrytbart material bör, enligt naturvårdsverket, med tanke på dess krav på beständighet, inte användas i tätskiktet.⁸⁹ Det finns dock forsknings- och utvecklingsprojekt som visar att biologiskt nedbrytbara material efter stabilisering kan användas i tätskikt och att ordet *bör* i Naturvårdsverkets allmänna råd syftar till att förhindra att olämpliga material utnyttjas. God kunskap, genom forskning och utveckling, kommer alltså att möjliggöra att alternativa lösningar nyttiggörs.⁹⁰ Om restprodukter ska användas idag kräver, Naturvårdsverket, att provtagningar och dokumenterade resultat i full skala görs. Detta för att se till att kraven på beständighet och genomströmning i deponin uppfylls.⁹¹ De krav som ställs på en sluttäckning kommer att diskuteras mer i kapitel 5.

⁸⁴ Handbok (2004:2) *Deponering av avfall*, med allmänna råd till förordningen (2001:512) om deponering av avfall och till kap. 34 § miljöbalken (1998:808)

⁸⁵ Rihm T., et al (2002), s.75

⁸⁶ Handbok (2004:2) 34 §

⁸⁷ Ljust färgad lera. Bildas genom kemisk vittring av glasigt, vulkaniskt material. Utmärks framför allt av sin vätskeuppsugande förmåga, dvs. goda svällningsegenskaper. (*National Encyklopedin*: http://www.ne.se/jsp/search/article.jsp?i_art_id=126559&i_word=bentonit, 16/3-05)

⁸⁸ Förklaras i avsnitt 6.1.3

⁸⁹ Handbok (2004:2) 34 §

⁹⁰ Mácsik J., Svedberg B., Maurice C. (2005) *Sluttäckning med biologiskt nedbrytbart material*. Bygg & Teknik nr.1 (2005), s 63-64

⁹¹ Handbok (2004:2) 34 §

4.3.4 Dräneringsskikt

Funktionen för dräneringsskiktet är att leda undan det vatten som tränger igenom skyddsskiktet och därmed minska belastningen på tätskiktet. Skiktet kan utgöras av sand, grus eller krossmaterial. Genom att det syns att dräneringsskiktet är konstruerat kan det även fungera som grävskydd, en varningssignal, som därigenom förhindrar att tätskiktet förstörs.⁹²

4.3.5 Skyddsskiktet

Skyddsskiktet är det översta lagret i sluttäckningen och sträcker sig ända upp till markytan där vegetationsskiktet vidtar. Skiktet utgör en viktig funktion som skydd av tätskiktet, genom att förhindra att faktorer som rotpenetration, erosion, torksprickor etcetera skadar tätskiktet. Biologiskt nedbrytbara material såsom skogsavfall, livsmedelsavfall, parkavfall och olika slamtyper från avloppsrening kan med fördel användas under förutsättning att dessa stabiliseras, något som minimerar risken för sättningar och utlakning av närsalter i deponin. Utifrån miljöbalkens försiktighetsprincip bör man dock tills vidare inte blanda in mer än 40 viktprocent avfallsslag som innehåller en betydande mängd närsalter, metaller eller organiska föreningar. Detta gäller exempelvis slam från kommunal avloppsrening, bio- och kemsam från skogsindustrierna, grönlutsslam, livsmedelsslam, trädgårdsavfall, askor från avfallseldning samt askor från förbränning av visst biobränsle och vissa slag av gjuterisand.

Morän, schaktmassor, behandlad förorenad jord är andra exempel på material som kan ingå i skyddsskiktet.⁹³ I den övre delen av skyddsskiktet kan matjord och slam med fördel blandas in i materialet då det gynnar etableringen av växter och verkar fuktbevarande⁹⁴. Funktionen är att skydda underliggande material mot främst erosion, frostpåverkan, uttorkning och rotpenetration. Morän lämpar sig bra eftersom materialet är erosionsbeständigt och vattenbehållande.⁹⁵

4.3.6 Växtetableringsskiktet

Växtetablerings-/vegetationsskiktet överst på deponitäckningen ska ge grunden för en ändamålsenlig vegetation på upplaget. Vegetationen är en viktig faktor när det gäller att begränsa erosionen och att reducera vattenflödet ner genom täckningen. Behovet av vegetationsetablering och valet av vegetationstyp beror bland annat av deponiytans lutning samt hur stor tätskiktets genomsläpplighet är.⁹⁶

⁹² Lundgren T. (1995) *Sluttäckning av avfallsupplag, Krav, material, utförande och kontroll*. Naturvårdsverket, Stockholm. Rapportnr: 4474

⁹³ Handbok (2004:2) 34 §

⁹⁴ Rihm T., et al (2002), s.76

⁹⁵ Lundgren T. (1995)

⁹⁶ Ibid.

5 Krav

I detta kapitel kommer det dels att redogöras för vilka krav som finns på hela sluttäckningskonstruktionen och dels vilka krav detta ställer på materialen som ingår i sluttäckningen. Avslutningsvis kommer även en beskrivning över olika typer av test som kan användas för att göra bedömningar av materialens egenskaper och därmed lämpligheten som täckmaterial.

5.1 Funktionskrav på en sluttäckning

Förutom kravet på beständighet är det viktigt att mängden lakvatten som passerar genom täckningen inte överskrider 5 liter per kvadratmeter och år för deponier innehållande farligt avfall, och 50 liter per kvadratmeter och år för deponier innehållande så kallat inert och icke-farligt avfall. Dessa krav avser alltså hela konstruktionen och inte bara ett enstaka skikt. För att en sluttäckning ska klara kraven är det viktigt att tätskiktet inte skadas av frost. Detta är, som tidigare nämnts, en anledning till att lagren i en sluttäckning inte får vara alltför tunna.

Frostdjupet på olika platser i Sverige varierar kraftigt, något som bör tas i beaktande när man dimensionerar för skyddsskiktets mäktighet. I Skåne är största tjäldjupet i snörojd mark ca en meter medan det i Lappland är 2,5 meter. Om skyddsskiktet är av till exempel morän eller något annat icke-värmeisolerande material bör därför mäktigheten inte understiga största tjäldjupet.⁹⁷ Inom MiMi-projektet⁹⁸, som arbetar med åtgärder mot miljöproblem från gruvavfall, har den potentiella påverkan som frost har på skyddslagren undersökts. Resultatet från projektet visade att permeabiliteten⁹⁹ ökade med 10 gånger efter att materialen genomgått några frys- och tiningscykler. För många finkorniga material har det även visats att permeabiliteten förändras när det fryses och tinas i cykler, något som dock inte var fallet för till exempel sand och bentonitblandningar.

5.2 Funktionskrav på täckningsmaterialen

Återanvändningen av restprodukter har många positiva aspekter såsom mindre deponering och besparande av ändliga naturresurser.¹⁰⁰ Det är dock viktigt att ta hänsyn till att materialet kan innehålla höga halter av giftiga ämnen som riskerar att spridas i naturen vid återanvändning och det har stor betydelse vilka egenskaper materialet har samt att det håller en jämn kvalitet, utan för höga och tillgängliga halter av miljöfarliga ämnen¹⁰¹. Det går inte att hävda att en viss sorts material går att använda till deponitäckning generellt sett, då materialens kvalitet och egenskaper kan variera mellan olika anläggningar. Då idén om att använda sig av restprodukter för sluttäckning är relativt ny och utforskad råder osäkerheter kring om materialen uppfyller alla nödvändiga kriterier för en acceptabel miljöbelastning och en gångbar deponikonstruktion. Då askor, slam och slagg används som tätskikt i deponier kan exempelvis ett mycket tätt material erhållas, men det råder fortfarande osäkerheter kring materialens beständighet över tiden.¹⁰² När undersökningar av detta slag eftersöktes för de traditionella materialen visade det sig dock att det även kring dessa material fanns få

⁹⁷ Ibid.

⁹⁸ Knutsson (2004) (citerad i Höglund L.O., Herbert R.B. (2004) *MiMi – Performance Assessment main report*. MiMi Luleå, s.143-144)

⁹⁹ Se avsnitt 5.3.2

¹⁰⁰ Vinnova (2003) *Inledande laboratorieförsök projekt AIS-32. Delrapport 1. Rapport inom projektet AIS-32 finns tillgänglig på: <http://www.ais32.ncc.se/>, s.31, 2/5-05*

¹⁰¹ Ek M., Westling O. (2003) *Dagsläget beträffande skogsindustrins avfall*. IVL Rapportnr: B1482, s. 18 och 23

¹⁰² RVF-rapport: http://www.rvf.se/se/netset/files3/web/P01.m4n?download=true&id=36_24768245, 31/1-05

undersökningar gjorda. Traditionella material har trots detta vunnit allmän acceptans miljömässigt.

Det spelar även stor roll från vilken process materialet kommer och vilken sorts bränsle som använts då detta framställts. Bland annat förhåller sig Miljöpartiet, i en utredning om avfallsförbränning i Gävle, skeptiska till användningen av bottenaskor och flygaska vid anläggningsbyggande då materialet kommer från avfallsförbränning. Detta då askorna i vissa fall kan innehålla giftiga ämnen i form av dioxiner, cancerogena polycykliska aromatiska kolväten (PAH) och metallen antimon.¹⁰³

Miljöriskerna vid täckning med restprodukter varierar även från plats till plats beroende av recipientens känslighet. Detta kan innebära att en viss restprodukt kan användas till täckning på en plats men inte på en mer känslig. Det är därför viktigt att göra en riskbedömning för materialets påverkan på den specifika platsen med hänsyn till materialets egenskaper.

Ett av hindren för återanvändning av restprodukter är att ett generellt bedömningssystem som gäller för hela landet saknas. Författarna till en rapport inom projekt AIS-32¹⁰⁴, vars mål bland annat är att hitta möjliga användningsområden för restprodukter, menar att de miljöbedömningar av restmaterial som hittills gjorts av industrier och andra verksamhetsutövare utförts på olika vis och därför inte kan jämföras med varandra. Det har även, menar de, varit svårt att finna traditionella material, med vilka resultaten i försöken på restprodukter kan jämföras. Ett annat problem uppstår då kunskapen om en restprodukts miljötekniska egenskaper och potentiella användningsområden finns hos en producent, men är svårtillgänglig för utomstående. Även SGI påpekar i en rapport från 2003¹⁰⁵ att ett stort hinder för användandet av restprodukter har varit bristen på nationella riktlinjer för kommuner och länsstyrelser när det gäller nyttiggörandet av restprodukter för anläggningsbyggande. Detta har gjort att ärendehantering blir långsam och att mycket skilda krav ställs på liknande material i olika delar av landet. Det är för att avhjälpa några av dessa problem som Naturvårdsverket givit ut handboken med allmänna råd vid deponering av avfall. Det har redan nämnts att handboken syftar till att ge tillstånds- och tillsynsmyndigheter samt verksamhetsutövare vägledning i frågor som uppkommer vid tillämpning av deponeringsförordningen. Vägledningen från Naturvårdsverket är dock av mer generell karaktär och deponeringsverksamheten kräver ofta skräddarsydda lösningar, varför det fortfarande kan råda en viss förvirring hos både verksamhetsutövare och myndigheter.¹⁰⁶

I dag pågår dock projekt som syftar till att göra miljömässiga bedömningar över restprodukter tillgängliga för deponiägare och andra intressenter. Statens geologiska undersökningar (SGU) kommer exempelvis, fram till juni år 2005, att driva regeringsuppdraget MinBaS (Mineral-Ballast-Sten) med syftet att utveckla nya användningsområden för restprodukter som uppstår i produktionen av dessa material.¹⁰⁷ Inom AIS 32 skapas även ett system för karaktärisering av tekniska och miljömässiga egenskaper hos ett antal restprodukter (gjuterisand, stenmjöl, bottenaska, mesa, grönlutsslam, elfilterstoft) samt för att hitta möjliga alternativa användningsområden för dessa. Under de närmaste åren har också en standardisering av olika provtagningsmetoder utvecklats på europeisk nivå vilket kommer att göra olika miljöbedömningar av både naturliga material och restprodukter mer jämförbara.¹⁰⁸ Några av de metoder som används beskrivs närmare i efterföljande kapitel.

¹⁰³ Miljöpartiet: http://www.mp.se/templates/template_78.asp_Q_avdnr_E_11162_A_number_E_71108_A_category_E_99, 2/5-05

¹⁰⁴ Vinnova (2003), s.31, 2/5-05

¹⁰⁵ Wik O., et al. (2003), s.57

¹⁰⁶ Handbok (2004:2) 34 §

¹⁰⁷ SMI: <http://www.sbmi.org/SIDOR/minbas.htm>, 3/5-05

¹⁰⁸ Vinnova (2003), s. 32, 3/5-05

5.3 Metoder för bedömningen av miljötekniska egenskaper

I detta avsnitt kommer några av de metoder och tekniska termer som används för att beskriva materials potentiella miljöpåverkan att förklaras. Testen som beskrivs syftar bland annat till att undersöka hur mycket föroreningar materialet innehåller och tillgängligheten hos dessa föroreningar.

5.3.1 Lakteter

Ofta när miljöpåverkan från alternativa täckningsmaterial ska bedömas har lakningsegenskaper en central roll. När ett material kommer i kontakt med vatten genom exempelvis nederbörd kommer en del av de ämnen som finns i materialet att lakas ut.¹⁰⁹ För att mäta halterna av ämnen som lakas ut görs så kallade lakteter. I dag finns det en rad olika laktest för avfall och ett flertal europeiska standardmetoder för testning har utvecklats av Comité Européen de Normalisation (CEN)¹¹⁰ Det finns även ett nordiskt samverkansorgan (Nordtest) som har till uppgift att utveckla och rekommendera testmetoder. Baserat på bland annat dessa metoder har Naturvårdsverket tagit fram rekommendationer för vilka provtagningsmetoder som bör användas och sammanställt lakteter för oorganiska material¹¹¹. Det finns i dag ännu inga standardiserade metoder för organiska material.

För att få en rättvisande bild av materialet måste dock materialets egenskaper tas i beaktande samt förhållandena som materialet kommer att befinna sig i. Det är viktigt att ställa sig frågor som: Vad är syftet med karaktäriseringen? Vad inverkar på utlakningen? Har testen utförts i laboratorium eller i fält? Hur ska resultaten tolkas?

5.3.1.1 L/S kvoter

I lakteter hänvisas ofta till L/S kvoten. Kvoten beskriver förhållandet mellan den mängd vatten som varit i kontakt med materialet och mängden fast material. Med kunskap om nederbörd, massornas mängd och genomsläpplighet samt deponins utformning kan kvoten omvandlas till en tidsskala.¹¹² Detta möjliggör bedömningar om hur mycket materialet lakar ut under en viss tidsperiod.

5.3.1.2 Kolonn- Skaktest

Kolonntest syftar till att efterlikna processen som sker då regnvatten filtreras genom ett material, men med större genomströmningshastighet. Testet beskriver utlakningsförlopp på kort- och medellång sikt och ger en god uppfattning om sammansättning och variationer från första lakvattnet som uppvisas vid låga L/S kvoter upp till L/S10. Detta test kommer i framtiden att vara ett av de grundläggande testerna för att kunna bedöma vilken deponiklass ett avfall tillhör.

Skaktest är ett förenklat laktest som är billigare och snabbare än kolonntest. Skaktestet kan användas som en kvalitetskontroll, till exempel genom att kontrollera att ett avfalls lakningsegenskaper inte förändrats. Testet anger utlakbarhet eller tillgänglighet av olika ämnen under rådande testförhållanden.¹¹³

¹⁰⁹ Ibid.

¹¹⁰ SGI: <http://www.swedgeo.se/publikationer/Varia/pdf/SIG-v545.pdf>, 8/4-05s.17

¹¹¹ Naturvårdsverket (2002) *Sammanställning av lakteter för oorganiska material*. Naturvårdsverket, Stockholm. Rapportnr: 5207, ISBN:91-620-5207-1

¹¹² Naturvårdsverket (2002), s.7

¹¹³ Ibid, s.10

5.3.1.3 Tillgänglighetstest

Detta test beskriver den potentiellt utlakbara mängden, det vill säga den mängd som totalt kan laka ut då kornstorlek, alkalinitet, koncentrationsskillnader eller tid inte begränsar utlakningen. Det är ett relativt snabbt och enkelt test och kan alltså nyttjas för att bestämma hur mycket av materialets innehåll som maximalt kan bli tillgängligt för omgivande miljö under en längre tidsperiod.¹¹⁴

5.3.2 Andra karaktäriseringstermer

5.3.2.1 Totalhaltsbestämning

Detta test kan vara ett bra sätt att inleda arbetet med karaktäriseringen av ett täckmaterial. Testet syftar till att få reda på materialets kemiska sammansättning och kan ge viktig information om vilka ämnen som är lämpliga att analysera i lakvattnet. Om totalhalterna i materialet visar sig var mycket låga kan också bedömningen göras att lakteter inte är nödvändiga. Totalhalter blir ett slags ”värsta fall” scenario.¹¹⁵

5.3.2.2 pH-test

pH på den vätska som kommer i kontakt med materialet kan påverka lakningen. Många metalljoner t.ex. koppar har ofta låg löslighet vid neutrala förhållanden men får en ökad löslighet när pH-värdet sänks.¹¹⁶

5.3.2.3 Permeabilitet och hydraulisk konduktivitet

Tätheten hos ett material kan beskrivas genom dess hydrauliska konduktivitet även kallad permeabilitet. Begreppet beskriver genomströmmande mängd vätska per area och tidsenhet vid en given gradient, det vill säga vid en given trycknivå. Ett lågt värde innebär alltså att materialet är tätt.

5.3.2.4 Vattenkvot

Vattenkvoten är förhållandet mellan vattnets massa och materialets torra massa¹¹⁷. Denna påverkar i sin tur flera av de geotekniska egenskaperna som till exempel den hydrauliska konduktiviteten.¹¹⁸

5.3.2.5 Stabilisering

Stabilisering är en metod som används bland annat för att minska risken för att avloppsslam ska ge upphov till luktproblem. Stabilisering kan ske på biologisk väg, aerobt genom slamluftning och anaerobt genom rötning eller på kemisk väg med hjälp av kalkning. Efter stabiliseringen är det organiska materialet i sådan form att all biologisk aktivitet sker väldigt långsamt. Även hanterbarheten förbättras vid stabilisering.¹¹⁹ Stabiliseringen kan förändra egenskaperna, till exempel hållfastheten och permeabiliteten, hos slammet¹²⁰.

¹¹⁴ Ibid, s.13

¹¹⁵ Ibid, s.18

¹¹⁶ Ibid, s.15

¹¹⁷ Avén S., Stål T., Wedel P. (1984) *Handboken Bygg Geoteknik*. LiberFörlag, Stockholm, s.247

¹¹⁸ Vinnova (2003), 3/5-05, s.60

¹¹⁹ Naturvårdsverket:

<http://www.naturvardsverket.se/index.php3?main=/dokument/teknik/avlopp/avloppdok/slam.htm>, 12/5-05

¹²⁰ Mizgalewics M., et al (2001), s.4

6 Täckningsmaterial

I detta kapitel redogörs för olika traditionella och icke-traditionella täckningsmaterial. För de traditionella materialen kommer en genomgång över var i täckningen materialen kan användas och vad de utgörs av att ges. För de icke-traditionella kommer, för flertalet av materialen, även en beskrivning av vad som är för- och nackdelarna med materialen och huruvida de idag används som täckningsmaterial att göras.

6.1 Traditionella täckningsmaterial

I tabell 1 visas i vilket/vilka skikt de traditionella täckningsmaterialen huvudsakligen används. Av de material som beskrivs nedan är det endast schaktmassor som inte används som sluttäckningsmaterial till våra modelldeponier. Anledningen till att materialet trots detta beskrivs är att vi vill ge en överblick över material som har använts i traditionella täckningar.

Komponent i täckningen	Material
Växtetableringsskikt	Anläggningsjord, Växter
Skyddsskikt	Morän
Dräneringsskikt	Ballast, Sand, Schaktmassor
Tättskikt	Geosynteter, Lermorän
Avjämningskikt	Ballast, Sand, Schaktmassor

Tabell 1. Material som kan ingå i respektive skikt i en sluttäckning. De material som markerats är de som ingår som sluttäckningsmaterial i modelldeponierna.

6.1.1 Ballast

Ballast är en vanlig benämning för sönderdelat material, främst bergmaterial för anläggnings- och byggändamål.¹²¹ I rapporten avses bergmaterial då begreppet ballast används. Naturgrus, morän, krossberg och sand är några exempel på ballastmaterial.

6.1.1.1 Naturgrus

Naturgrus definieras som naturligt sorterade jordarter som till övervägande del består av fraktionerna sand, grus och sten och som i fråga om bildningssätt kan hänföras till någon av kategorierna isälvsavlagringar, svallsediment, älvsediment eller vindavlagrade sediment. Det finns begränsade tillgångar av naturgrus i landet och på vissa håll råder det redan i dag brist på naturgrus. Isälvsavlagringarna, främst de stora rullstensåsarna och deltabildningarna, är viktiga grundvattenmagasin och kan även användas för konstgjord grundvattenbildning.¹²²

6.1.1.2 Morän

Morän är den vanligast förekommande jordarten i Sverige och täcker ca 2/3 av landytan. Materialet bildades av inlandsisen genom att den plockade upp, transporterade, krossade och

¹²¹ Suup M., Wallin Å. (2005) *Användning av naturgrus. Mängder, nyckeltal och funktionskrav för idag oundgängliga användningsområden*. Examensarbete, institutionen för industriell ekonomi och samhällsvetenskap, Luleå universitet, Luleå. ISSN: 1404-5494, s.12

¹²² Esko D., Grånäs K. (2000) Lagen om skatt på naturgrus (SFS 1995:1667) omfattar inte morän. SGU, Uppsala, s.5-6

slutligen efterlämnade denna osorterade jordart.¹²³ Moränen kan ha mycket varierade ytformer och sammansättning beroende av den berggrund som inlandsisen eroderat. Sten- och blockhaltiga, sandiga moräner finns framför allt i urbergsområden, medan lermoräner förekommer i områden med en berggrund som består av skiffer och kalksten.¹²⁴ Grovkornig morän används med fördel i skyddsskiktet på grund av sin stora motståndskraft mot erosion. Finkorniga moräner så som lermorän är mer lika lerjordar men dock betydligt fastare än lera och är därför istället lämpliga i tätskikt.¹²⁵

6.1.1.3 Krossberg

Krossberg är krossat berg som används som byggmaterial och kan fungera som ersättning för naturgrus. Makadam är namnet för en speciell fraktion av krossberg.¹²⁶

6.1.1.4 Sand

Sand har en fraktion på 0,06–2 mm¹²⁷. Vid användning av sand i dränerings- eller avjämningskiktet bör dock grovsand användas, vars fraktion ligger mellan 0,6-2 mm.¹²⁸

6.1.2 Schaktmassor

Schaktmassor är överskottsmassor från entreprenader¹²⁹ och avser jord, eller stenmaterial såsom sten, grus, lättbetong, betong utan armering, murbruk, fasadputs, takpannor, skifferpannor, kakel, klinkers och porslin¹³⁰.

6.1.3 Geosynteter

Geosynteter har en mängd olika användningsområden, såsom separation, filtrering, dränering och tätning, där framför allt de två sistnämnda är applikationer som behövs i en sluttäckning. För dränering används flera olika geosyntetiska produkter som exempelvis kan användas för att leda bort lakvatten på en bottenätad under ett avfallsupplag.¹³¹ I botten- och tätskiktet är så kallade geomembraner och bentonitmattor lämpliga att använda.¹³² Dessa ska där fungera som en tätning eller minska genomströmningen av vatten, för att bland annat skydda grundvattnet.

Geomembran är ett samlingsnamn för tätskikt tillverkade av polymermaterial och bentonit.¹³³ Hit hör till exempel HDPE, EPDM och PP som är beteckningar för polymermaterial. Bentonitmattor är i sin tur ett lermembran som består av geotextiler och bentonit där mattan, vid svällning under tryck, får en mycket hög täthet.¹³⁴

¹²³ Ibid, s 7

¹²⁴ Räddningsverket: http://www.srv.se/templates/SRV_Page_2205.aspx, 31/3-05

¹²⁵ Lundgren T. (1995), s. 47

¹²⁶ Stockholms länsstyrelse 82003) *Krossat berg och återvunnet material ersätter grus*. Stockholms länsstyrelse, ISBN: 91-7281-113-7

¹²⁷ Räddningsverket: http://www.srv.se/templates/SRV_Page_2205.aspx, 31/3-05

¹²⁸ Máscik Josef, Ecoloop, samtal våren under våren -05

¹²⁹ Stockholms länsstyrelse (2003) *Krossat berg och återvunnet material ersätter grus*. Stockholms länsstyrelse, ISBN: 91-7281-113-7

¹³⁰ Gatukontoret Borås stad:

<http://www.boras.se/gatukontoret/renhallning/sorteringatervinning/schaktmassor.4.633e5e10039748abd7fff38568.html>, 1/2-05

¹³¹ Svenska Geosyntetföreningen: www.geosyntetforeningen.a.se, 15/3-05

¹³² Rihm T., et al (2002), s.72

¹³³ Svenska Geosyntetföreningen: www.geosyntetforeningen.a.se, 15/3-05

¹³⁴ Vicon: <http://www.viacon.se/prod/grundvatten.asp>, 16/3-05

6.2 Icke-traditionella täckningsmaterial - Restprodukter

För att få en uppfattning om vilka typer av restprodukter som eventuellt kan vara aktuella att använda som täckningsmaterial har en inventering som SGI gjort¹³⁵ använts. Inventeringens syfte var att identifiera, kvantifiera och beskriva restprodukter som kan utgöra ersättningsmaterial för naturgrus och bergkross i anläggningsbyggande. De branscher som, av SGI, ansågs generera intressanta restprodukter utifrån deras syfte var:

- Förbränningsindustrin - Även de förbränningsanläggningar som utgör en biverksamhet till andra industriella verksamheter faller under denna bransch. Ett undantag har dock gjorts för massa- och pappersindustrin
- Gjuteribranschen
- Gruvindustrin
- Massa- och pappersindustrin
- Metallindustrin
- Stenindustrin
- Övriga branscher – tillverkning av glas, mineralull, keramiska produkter, tegel, lättbetong och gips

SGI:s uppdelning har baserats på enkätsvar från olika materialägare där denne själv klassificerat restprodukten.

I detta stycke kommer de restprodukter som använts i modelldeponierna som sluttäckts med två olika icke-traditionella lösningar att beskrivas, där dessa har valts utifrån den tanke som beskrivits i avsnitt 2.1. Flertalet av de övriga materialen som ingår i SGI:s inventering finns beskrivna i bilaga 1. Materialen i bilagan har delats upp i olika kategorier och denna uppdelning är baserad på SGI:s egna kategoriindelning. De material som varken finns beskrivna nedan eller i bilaga 1 har, i samråd med Josef Mácsik¹³⁶, plockats bort från SGI:s inventering då vissa av dessa antagligen inte skulle vara aktuella att använda i en sluttäckning. Det bör dock ändå poängteras att lämpligheten hos de material som tagits med i undersökningen bör undersökas och utvärderas i det enskilda fallet innan de används i en sluttäckning. Hur mycket som har skrivits om materialet beror till stor del på hur mycket information som funnits tillgänglig.

På grund av brist på information har inte heller alla material skrivits in i tabell 2, som visar inom vilket skikt de skulle kunna användas i en deponitäckning. Förutom de material som finns i SGI-rapporten har även en beskrivning över restprodukterna gummiklipp och avloppsslam gjorts. Då det idag är förbjudet att deponera gummiklipp och avloppsslam och då de är restprodukter som uppkommer i alla delar av landet, har de visat sig vara intressanta att använda som ersättning för traditionella material.

¹³⁵ Wik O., et al (2003)

¹³⁶ Mácsik Josef, Ecoloop, samtal under våren -05

Komponent i täckningen	Material
Växtetableringsskikt	Anläggningsjord, Växter
Skyddsskikt	Mesa, Gjuterisand, Gråberg
Dräneringsskikt	Gummiklipp, Slaggrus, Gråberg
Tätskikt	Mesa, Flygaska, Gjuterisand, Grönlutsslam, Avloppsslam
Avjämningskikt	Flygaska, Gråberg

Tabell 2. Icke-traditionella material som kan ingå i respektive skikt i en sluttäckning. De material som markerats är de som ingår som sluttäckningsmaterial i våra modelldeponier.

6.2.1 Askor

Aska erhålls från förbränning av olika bränslen i form av bibränsle, kol eller hushållsavfall. Skillnaderna i egenskaper hos askor är stora beroende på såväl bränsle som förbränningsteknik och efterbehandling.¹³⁷ De askor som tas upp här är flygaska och bioflygaska, medan övriga askor beskrivs i bilaga 1.

6.2.1.1 Flygaska

Flygaska uppkommer inom massa- och pappersindustrin, hos värmeverk samt hos andra förbränningsbranscher. Materialet består av de askämnen som följer med rökgaserna i en förbränningsanläggning. När rökgaserna avkyls faller askan ut och fångas upp av rökgasreningsutrustning.¹³⁸ Svenska miljöinstitutet (IVL) har skrivit en rapport¹³⁹ som ska vara ett stöd för skogsindustrin i dess fortsatta arbete med tillvaratagandet av restprodukter. I denna har de uppgifter om aska som Svenska bruk lämnat in i sina miljörapporter sammanställts. IVL har delat in askan i kategorierna flyg- och bottenaska i rapporten. Flygaskan karaktäriseras av att den är mycket finkornig och att den med en viss mängd vatten hårdar till ett tätt material med låg permeabilitet. Vidare beskrivs askan, på grund av sin vattenbindande förmåga, som lämplig att använda för att avvattna andra restprodukter, och blandat med exempelvis grönlutsslam erhålls ett mycket tätt material. I rapporten nämns försök där flygaska har använts tillsammans med grönlutsslam som tätskikt på deponier.

6.2.1.2 Bioflygaska

Bioflygaska kommer från förbränning av bibränslen såsom exempelvis torv och bark.¹⁴⁰ Askan från bibränslen kan återföras till den ursprungliga växtplatsen i skogen som gödning för att få ett slutet kretslopp. I dag pågår försök med detta runt om i landet. Ett lokalt exempel finns i Enköping där odlingar med energiskog gödglas med bottenaska från Ena Kraft.¹⁴¹

Bioflygaska har även med fördel testats som tätskikt och avjämningskikt på deponier. I en undersökning om slam i mark- och anläggningsbyggande, som utfördes av Scandiaconsult tillsammans med Stockholm Vatten¹⁴², visade sig askor vara lämpliga stabilisatorer för att

¹³⁷ Mizgalewics M., et al (2001), s.12

¹³⁸ Vinnova (2003) Inledande laboratieförsök projekt AIS-32. Delrapport 1. Rapport inom projektet AIS-32 finns tillgänglig på: <http://www.ais32.ncc.se/>, 3/2-05, s 22

¹³⁹ Ek M., Westling O. (2003), s.20

¹⁴⁰ Mizgalewics M., et al (2001), s.12

¹⁴¹ Enköpings värmeverk: <http://www.varmeverket.enkoping.se/miljon.html>, 23/3-05

¹⁴² Mizgalewics M., et al (2001)

möjliggöra avsättningen för avloppsslam som tätskikt på deponier. Inventeringen, i det nämnda projektet, inriktades på att finna en flygaska från förbränning av biobränsle som stabilisator eftersom mängden bioflygaska redan är stor och användningen förväntas öka ytterligare. I Stockholm Vattens fall är just bioflygaska även ett extra intressant alternativ att utreda vidare då de i framtiden eventuellt kommer att förbränna avloppsslam, där produkten förväntas att få liknande egenskaper som bioflygaska.

6.2.2 Avloppsslam

Råslam från avloppsreningsverk innehåller organiskt material som till exempel består av mikroorganismer, nedbrytningsprodukter, kolhydrater och fettsyror.¹⁴³ Som nämnts tidigare blev det, via den lag som trädde i kraft vid årsskiftet 2004/2005, förbjudet att deponera brännbart organiskt avfall. Avloppsslam innefattas av denna lag och får därmed inte längre deponeras. Idag finns det andra sätt att ta hand om slam från reningsverk så som förbränning, täckning av restmaterial från gruvdrift, jordtillverkning, vassbäddar etcetera.¹⁴⁴

Då avloppsslam har låg permeabilitet, låg hållfasthet och hög vattenkvot är det ett besvärligt material ur hanteringssynpunkt.¹⁴⁵ Slammet kan även utgöra ett luktproblem om det används i tekniska konstruktioner och bör därför vara stabiliserat så att metangasbildning och andra luktproblem förhindras. Detta kan göras genom tillsats av aska, cement eller kalk¹⁴⁶.

På uppdrag av Naturvårdsverket gjordes år 2002 en sammanställning av bland annat utsläppen av näringsämnen och syreförbrukande substanser från tillståndspliktiga kommunala reningsverk (det vill säga verk som är dimensionerade för över 2000 personekvivalenter)¹⁴⁷. Tabell 3 visar hur slammet togs omhand år 2002.

Användningsområden för avloppsslam år 2002 fördelat i procent	
Jordbruk	12%
Annan markanvändning	57%
Vassbädd	2%
Mellanlagring och deponi	29%

Tabell 3. Användningsområden för avloppsslam.

Av de 57 procent som gick till annan markanvändning gällde 19 procentenheter deponitäckning.¹⁴⁸ Blandningar av avloppsslam och bioflygaska har testats som tätskikt på deponier med goda resultat, där det framkommit att materialen har stor ekonomisk, teknisk och miljömässig potential för att kunna nyttjas som tätskikt vid sluttäckning.¹⁴⁹ De krav som ska ställas på slam är att dess organiska halt och vattenkvot ska vara så låg som möjligt och att slammet skyddas mot erosion. Lägre organisk halt i slammet kommer att minska nedbrytningsstakten vilket i sin tur medför eventuella problem med gasutveckling,

¹⁴³ Ibid, s. 29

¹⁴⁴ Olsson Katharina (2004) *Reningsverkens slamhantering*. Svenskt Vatten nr.4 (2004), s.44

¹⁴⁵ Mácsik J., Rogbeck Y., Svedberg B., Uhlander U., Mossakowska A. (2003) *Linermaterial med aska och rötslam – Underlag för genomförande av pilotförsök med stabilisering av avloppsslam som tätskiktsmaterial*. Värmeforsk Service AB, ISSN: 0282-3772, s 5

¹⁴⁶ Mizgalewics M., et al (2001), s. 31

¹⁴⁷ Genomsnittligt utsläpp per person per tidsenhet.

¹⁴⁸ Statistiska meddelanden (2004) Utsläpp till vatten och slamproduktion 2002. Kommunala reningsverk, skogsindustrin samt övrig kustindustri. Statistiska centralbyrån (2004) ISSN: 1403-8978, s.6

¹⁴⁹ Mácsik J., Rogbeck Y., Svedberg B., Uhlander U., Mossakowska A. (2003), s.5

sprickbildning och lukt. Låg vattenkvot minskar eventuell lakvattenbildning och höjer materialets hållfasthet.¹⁵⁰

6.2.3 Gummiklipp

Alla däck som säljs på den svenska marknaden måste enligt förordningen om producentansvar från 1994 tas om hand och hanteras när de är uttjänta. Den som producerar, importerar eller säljer däck måste alltså se till att däcken materialåtervinns, energiutvinns eller tas om hand på något annat miljömässigt godtagbart sätt.¹⁵¹ Svensk Däckåtervinning AB (SDAB) blev däckbranschens svar på förordningen. De har till uppgift att organisera insamlingen och återvinningen av uttjänta däck och de senaste åren har däcken återvunnits till närmare hundra procent. År 2003 samlades 70 000 ton in och däcken återvanns på en mängd olika sätt. Ungefär 48 procent av däcken användes detta år till energiutvinning varav cirka 15 procent i värmeverk och energi och cirka 33 procent inom cementindustrin. Gummiklipp, som ibland kallas Cerub, har även använts som dräneringsskikt vid sluttäckningen av deponier.¹⁵² För att materialet ska vara lämpligt att använda i en teknisk konstruktion krävs dock att det är acceptabelt ur miljösynpunkt. Den mest undersökta fraktionen av gummiklipp är 50*50 mm² och består till största delen av uttjänta personbilsdäck.¹⁵³

I ett licentiatarbete av Tommy Edeskär¹⁵⁴, med syftet att bland annat samla ihop och värdera den idag tillgängliga kunskapen om gummiklapps tekniska och miljömässiga egenskaper, redogörs för de vattenburna emissioner som normalt är intressantast i en anläggningsteknisk tillämpning. Lakförsöken som redovisas i hans arbete har utförts i både laboratorie- och fältmiljö och visade att små koncentrationer av metaller lakade ut från gummiklipp. Främst järn, koppar, mangan och zink, men även organiska föreningar så som polyaromatiska kolväten (PAH) och fenoler lakade ut i låga koncentrationer. Lakresultaten från gummiklippen jämfördes med tillgänglighetstester gjorda med avseende på metaller från naturliga material och resultaten indikerade att metallemissionerna från gummiklipp inte borde vara något problem i de flesta anläggningssituationer, förutsatt att nivåerna är acceptabla under lång tid. År 2009 träder även en ny EU-lagstiftning i kraft som förbjuder högaromatiska oljor som innehåller stora mängder PAH¹⁵⁵. Detta kommer att leda till att mängden PAH i gummiklipp kommer att minska. Edeskär menar att då det finns en naturlig belastning av de ämnen som tagits upp ovan från både naturliga och antropogena källor bör hänsyn tas till recipienten vid en miljöbedömning, det vill säga om denna tål ett tillskott av de ämnen som utlakas eller inte. Två fördelar som gör gummiklipp intressant vid till exempel sluttäckning av deponier är dess värmeisolerande förmåga som skyddar mot tjälproblem och dess goda dräneringsförmåga. Hur länge gummiklippen behåller dessa egenskaper beror på miljön som de finns i. De främsta faktorerna som bryter ner gummit är UV-strålning, kemisk oxidation och värme.¹⁵⁶

6.2.4 Mesa

Mesa bildas vid tillverkning av pappersmassa då grönlut behandlas med kalk vid den så kallade kausticeringsprocessen. Kalken omvandlas efter kausticeringen till mesa (CaCO₃)

¹⁵⁰ Mizgalewics M., et al (2001), s.29

¹⁵¹ SFS (1994) *Förordningen om producentansvar för däck*. SFS 1994:1235

¹⁵² SDAB: www.svdab.se, 20/3-05

¹⁵³ Edeskär T., (2004), s.5

¹⁵⁴ Ibid, s.15-22

¹⁵⁵ Kemikalieinspektionen (2003) *HA oils in automotive tyres – prospects of national ban*.

Kemikalieinspektionen på uppdrag av regeringen, Stockholm.

¹⁵⁶ Edeskär T., (2004), s.33-41

som sedan bränns om till ny kalk i särskilda mesaugnar.¹⁵⁷ Mesan kan användas på många ställen där man i dag använder ny kalksten. Materialet testas dels som beståndsdel i vägar och levereras dels till jordbruket för kalkning.¹⁵⁸

Flera pilotförsök har utförts med mesa som tätskikt på deponi, men materialet har även möjlighet att användas i skyddsskiktet. Bland annat Aspa Bruk täcker sin gamla deponi med mesa¹⁵⁹ och vid sluttäckning av Stordalens deponi i Timrå kommun användes mesa i tätskiktet¹⁶⁰. Då täckningens genomsläpplighet och täthet mättes i det sistnämnda fallet tydde försöken på att konstruktionen med god marginal uppfyllde kriterierna för sluttäckning av deponier för icke-farligt avfall (det vill säga vattengenomströmningen låg under 50 l/m² och år). Nackdelen med materialet är att det kan påverkas av sur nederbörd, men denna potentiella påverkan begränsas av en mycket låg permeabilitet.

7 Täckningsmaterial – tillgång och efterfrågan

I detta kapitel undersöks efterfrågan och tillgången på täckningsmaterial. I de två inledande avsnitten redogörs för hur stort behovet av täckningsmaterial kommer att vara under de närmaste åren medan efterföljande avsnitt handlar om tillgången, där en sammanställning över tillgången på traditionella material och restprodukter gjorts. Avslutningsvis uppskattas huruvida de traditionella materialen kommer att räcka för att täcka de deponier som behöver täckas inom de närmaste åren.

7.1 Inventering av materialbehovet - tillvägagångssätt

För att kunna uppskatta efterfrågan på täckningsmaterial kontaktades först länsstyrelserna i Sveriges 21 län. Via dem erhöles listor på de kommunala och industriella deponier i länet som de hade information om. Deponier som redan tagits ur drift och sluttäckts har inte tagits i beaktande och inte heller deponier som klassificeras som förorenad mark. Då det var svårt att via länsstyrelserna få information om de industriella deponierna kontaktades ett antal branschorganisationer i vilka flera av medlemsföretagen var materialägare. Dessa var:

- Svenska stålindustrins branschorganisation, Jernkontoret
- Föreningen för Sveriges skogsindustrier, Skogsindustrierna
- Svenska gjuteriindustrins teknik-, bransch-, och utbildningsinstitut, Svenska Gjuteriföreningen
- Bolag vars affärsidé är att främja och stärka avsättningen och användningen av energiaskor, Svenska energiaskor

Genom att ringa medlemsföretagen kunde ytterligare information om de industriella deponierna i kommunerna erhållas. Sammanfattningsvis har de flesta kommunala deponier som ännu inte sluttäckts, eller som håller på att sluttäckas i landet, innefattats i inventeringen. När det gäller de industriella deponierna har de deponier som förvärvats via länsstyrelser och ovanstående branschorganisationer tagits upp.

Hur detaljerade uppgifter som fanns om varje deponi varierade mellan de olika länen. I många fall kontaktades kommunerna direkt för att få tag på en kontaktperson till varje deponi.

¹⁵⁷ Vinnova (2003), s.21, 3/2-05

¹⁵⁸ Ek M., Westling O. (2003), s.21

¹⁵⁹ Ibid, s.12

¹⁶⁰ Mácsik J., Svedberg B., Wilhelmsson A. (2004) *Alternativa tätskiktsmaterial-kostnadseffektiva lösningar*. Bygg & Teknik nr.1 (2004), s.28

Kontaktpersonerna jobbade ibland med själva deponeringsverksamheten, men var oftast anställda av kommunen eller på ett kommunalt eller privat företag. Kontaktpersonerna fick svara på ett antal frågor som rör sluttäckningen av deponier och dessa var:

Hur stor yta ska sluttäckas? När beräknas sluttäckningen börja respektive vara klar? Till vilken klass hör avfallet som läggs på deponin? Vilka koordinater ligger deponin på? Detta skedde främst per telefon men i vissa fall även via e-post.

De svar som erhöles via kontaktpersonerna var mer eller mindre specifika. I många fall har det varit svårt för personerna att avgöra när sluttäckningen förväntas starta respektive vara avslutad. Detta beror till stor del på att många har lämnat in anpassnings- eller avslutningsplaner som ännu inte godkänts av respektive tillsyns- och tillståndsmyndighet. I dessa fall efterfrågades en rimlig uppskattning av vilket datum/år som sluttäkningsarbetet tidigast kan påbörjas och ungefär inom vilken tidsrymd den beräknas vara klar. Gällande hur stor yta som ska sluttäckas har, i de fall där delar av sluttäckningen redan påbörjats, den yta som är kvar att sluttäcka angetts. I de få fall då kontaktpersonerna inte kunnat ge ett exakt svar har, även här, en rimlig uppskattning efterfrågats. De koordinater som samlats in anger mittpunkten på deponin i den mån det varit möjligt. Om kontaktpersonerna inte kunnat ge oss koordinaterna, har vi bett om fastighetsbeteckningen och tagit reda på koordinaterna via länens och kommunernas lantmäterier. Då fastighetsbeteckningarna i många fall innefattar ett relativt stort område, har det varit svårt att få koordinater mitt på deponin. Koordinater i närheten av denna eller på en byggnad vid industri-/ deponiområdet har då angivits.

7.2 Behov av täckningsmaterial

Som beskrivits ovan har det inte alltid varit lätt att få någon exakt information om när deponierna ska sluttäckas. För att kunna ge en så rättvisande bild som möjligt av den data som samlats in har deponierna delats in i kategorier. Inom respektive kategori har antal hektar som ska sluttäckas samt hur stora ytor det är som ska drivas vidare räknats samman. Tabell 4 visar en sammanställning för alla deponier som tagits upp i inventeringen, där 34 stycken deponier har fallit bort. Det har antingen berott på att det inte har gått att nå kontaktpersonen eller att denne inte kunnat uppge någon tidpunkt och/eller storlek på den yta som ska sluttäckas. En av kategorierna kallas ”ur drift innan 2008”. Inom denna kategori är det troligt att deponierna kommer att täckas några år efter 2008, men kontaktpersonerna har inte kunnat ge något exakt svar på vilket år detta kan tänkas ske. I kategorin ”sluttäckning efter år 2008” har det inte angivits någon tidpunkt för sluttäckning och i flera fall hoppades deponiägaren kunna driva deponin vidare. I många fall har detta antingen berott på att man vill vänta på att alla sättningar som kan bildas i deponin ska ha hunnit visa sig eller att ett godkännande från tillsyns- eller tillståndsmyndigheterna avvaktas.

Antal hektar deponi som ska sluttäckas under angivna tidpunkter.	
Tidpunkt (år)	Hektar
Påbörjat täckning	1140
2006-2010	752
2011-2020	103
2021-	270
Sluttäckning efter 2008	284
Ur drift innan 2008 (sluttäcknings tid okänd)	73
Drift efter 2008	216
Vet ej	517
Totalt	3355

Tabell 4. Antal hektar deponi som ska sluttäckas vid angivna tidpunkter. Framtagen utifrån den, inom arbetet, utförda inventeringen

Hur väl siffrorna i denna sammanställning stämmer överens med vad verkliga siffror i framtiden kommer att visa, beror till stor del på huruvida beslut om godkännande av avslutnings- och anpassningsplaner kan tas i tid. För att få en uppfattning om hur långt de har kommit i arbetet med handläggandet av planerna har alla länsstyrelser, som i många fall fungerar som tillsynsmyndighet, kontaktats. Utifrån dessa uppgifter framkom att av de deponier som länsstyrelsen har tillsyn över, och där kontaktpersonen angivit att sluttäckningsarbetet ska påbörjas innan år 2010, har inget beslut över godkännande eller avslag på avslutnings- eller anpassningsplanen fattats i 60 procent av ärendena. Detta kan till stor del antas bero på problem som visat sig uppkomma vid handläggningsprocessen.

I Jämtlands län ansågs problemet vara att planerna blev alltför generella och inte omfattade alla de delar som krävs. Detta ansågs bero på att handläggningen av planerna var komplicerad i och med att regeln om att planer skulle upprättas kom före ”instruktioner” om precis vad som gör att kraven uppnås eller inte. Eftersom länsstyrelsen inte heller fick förena godkännandet med villkor innebar det att de fick begära in uteblivna uppgifter i form av kompletteringar i flertalet ärenden.¹⁶¹ Detta problem har även beskrivits i NCC:s rapport¹⁶² från år 2003 som behandlar frågeställningar rörande anpassnings- och avslutningsplaner. Där rapporterade flera tillsynsmyndigheter att de ännu inte börjat med bedömningarna av planerna. Detta då de inväntade allmänna råd från Naturvårdsverket, som skulle svara på frågor rörande de tekniska aspekterna på sluttäckningskonstruktionen, materialval med mera. De allmänna råden finns idag färdigställda, men den berörda tjänstmannen på Naturvårdsverket befarade redan innan dessa färdigställts att de allmänna råden inte skulle anses vara ”tillräckligt” konkreta och detaljerade.

Länsstyrelsen i Södermanland menade i sin tur att det kan ligga i verksamhetsutövarens intresse att lämna in planer som är i behov av kompletteringar. Detta då en avslutnings- eller anpassningsplan ska vara detaljerad och deponiägaren ofta inte vill låsa sig vid en detaljerad lösning i ett tidigt skede¹⁶³.

I län där flera deponier antingen ansöker om avsteg från vissa krav som ställs i deponiförordningen eller söker prövning för tillstånd om att driva verksamheten vidare måste även tillståndsmyndigheten kopplas in i ärendet. Då tillsynsmyndighetens beslut inte ska

¹⁶¹ Huss Sara, Länsstyrelsen i Jämtland, e-post korrespondens 21/4-04

¹⁶² Johansson K., etal (2003), s.44

¹⁶³ Svensson Carl Mikael, Länsstyrelsen Sörmland, e-post korrespondens 18/4-05

föregripa tillståndsmyndighetens måste, i dessa fall, ett beslut från tillståndsmyndigheten avvaktas. I Gävleborgs län har de flesta verksamhetsutövarna sökt tillåtelse om avsteg från vissa av deponiförordningens krav. Tillsynsmyndigheten väntar därmed på en bedömning från tillståndsmyndigheten och först när den är klar blir det åter tillsynsmyndigheten som tar ställning till anpassnings- eller avslutningsplanens godkännande.¹⁶⁴ Lars Andersson vid länsstyrelsen i Uppsala menar att det för vissa tippar inte är så stor idé att godkänna planerna. Detta då de ändå ska söka omprövning, det vill säga nytt tillstånd, och måste avvakta beslut från tillståndsmyndigheten. Tillsynsmyndigheten väljer, i dessa lägen, istället att låta prövningen ske och om verksamheten får nytt tillstånd godkänna planen.¹⁶⁵

I Värmlands län har inga deponier uppfyllt de krav som deponeringsdirektivet ställer, och inga av anläggningarna har ännu gjorts om för att uppfylla kraven. Länsstyrelsen för därför kontinuerliga diskussioner med deponiutövarna och en strategi utarbetas för att kunna ta beslut under en samlad period.¹⁶⁶ Som framgår ovan är det fortfarande en hel del ärenden där ännu inget beslut tagits. Detta är, som nämnts tidigare, viktigt att ta hänsyn till när siffrorna i inventeringen diskuteras.

7.3 Inventering av materialtillgången – tillvägagångssätt

För att uppskatta tillgången på täckningsmassor har befintlig branschstatistik använts. För de traditionella materialen har underlagsdata hämtats ifrån en rapport av SGU¹⁶⁷. Rapporten innehåller samlad statistik över produktionen av grus, sand och krossberg. Sammanställningen bygger främst på de uppgifter som länsstyrelsen med stöd av förordning (1998:904) om täkter och anmälan för samråd samlar in om täkt- och krossverksamhet i landet. Sammanställningen som gjorts över tillgången på de traditionella materialen innefattar därmed inte återvunnet/återanvänt material, vilket beror på att dessa massor är svåra att kvantifiera.

Datan som använts för de icke-traditionella materialen har å sin sida hämtats från en rapport från SGI¹⁶⁸. Deras inventeringen har genomförts som en enkätundersökning riktad mot anläggningar valda från länsstyrelsernas emissionsregister (EMIR) och SGU:s grusproduktionsdatabas (Gpro). Utgångspunkten vid inventeringen var att låta de kontaktade företagen fritt redovisa sådana material som de själva ansåg ha teknisk användningspotential. En avgränsning över vilka material som registrerats i databasen gjordes sedan genom att stoft och slam samt anläggningar där den sammanlagda mängden understiger 1000 årston exkluderades.

7.4 Traditionellt material - tillgångar

I detta avsnitt redovisas tillgången på de traditionella material som finns beskrivna i avsnitt 6.1. Detta gäller dock inte schaktmassor då ingen statistik över tillgångarna på dessa material erhållits och inte heller geosynteter då dessa tillverkas utifrån den efterfrågan som finns och alltså inte kommer att bli en bristvara. Sammanställningen innefattar inte heller, som nämndes ovan, återvunnet/återanvänt material. En SGU studie¹⁶⁹ har dock gjorts i syfte att försöka kvantifiera dessa massor. I studien samlades uppgifter in om ballastanvändningen från främst sex stycken vägbyggen som förbrukade stora mängder ballast. Resultatet från studien visade

¹⁶⁴ Nilsson Erland, Länsstyrelsen Gävleborg, e-post korrespondens 18/4.05

¹⁶⁵ Andersson Lars, Länsstyrelsen Uppsala, e-post korrespondens 18/4-05

¹⁶⁶ Bogren Johan, Länsstyrelsen i Värmlands, e-post korrespondens 02-05

¹⁶⁷ Berg Å., et al (2003)

¹⁶⁸ Wik O., et al (2003)

¹⁶⁹ Arnbom J.O., Persson M. (2003) *God bebyggd miljö fallstudie av ballastanvändning*. Sveriges geologiska undersökning. Projektnr: 30008

att det var svårt att få fram en schablon över de massor som återvinns/återanvänds, då dessa varierande kraftigt. Det som framkom i studien var att minst 50 procent av ballasten antagligen hämtades från väglinjen medan resten kom från tillståndsgivna täkter. Uppgifter om produktionsresultatet från separata krossar för entreprenader, som används för att återvinna och bearbeta överskottsmaterial, visade sig också sällan inrapporteras. Detta gällde även en stor andel av det entreprenadberg som tas om hand i täkter eller återvinningsstationer.

I sammanställningen nedan används ordet leveranser. Anledningen till det är att det är det, då materialtillgången sammanställts, inte alltid är den ballast som produceras under ett visst år som används. Delar av ballasten kan istället till exempel läggas på deponi och användas under kommande år. Leveranserna blir alltså den produktion som lämnar produktionsanläggningen och fraktas till någon användare.¹⁷⁰

Nästan alla kommuner i Sverige bedriver produktion av ballast och år 2003 redovisades 3073 tillståndsgivna täkter i landet varav 2086 inrapporterade produktion under året. Trots att ballast produceras på så många ställen runt om i landet är det en bristvara, som kan medföra konflikter mellan motstående intressen inom naturvården. Detta är dels ett resultat av de många användningsområden som ballast har, till exempel vägbyggen, fyllnadsmaterial och sluttäckningsmaterial på deponier och dels ett resultat av att naturliga grus- och bergmaterial inte finns tillgängligt på många platser. I tabell 5 redovisas hur mycket ballastmaterial som producerats totalt i Sverige under år 2003, och hur ballastleveranserna fördelat sig mellan olika materialtyper samma år.

Leveranser i Mton av ballast fördelat på materialslag år 2003				
Naturgrus Mton	Morän Mton	Krossberg Mton	Övrigt Mton	Totalt Mton
20,2	1,4	40,8	8,5	70,9

Tabell 5. Leveranser av ballast fördelat på materialslag.

I tabell 6 redovisas hur leveranserna av ballast fördelades på olika användningsområden år 2003.¹⁷¹ De totala leveranserna av ballast var knappt 70,9 miljoner ton år 2003 och av dessa utgjorde gruppen övrigt ca 17 miljoner ton.¹⁷² Den materialåtgång som hittills använts till sluttäckningar antas ingå under övriga användningsområden men har inte utgjort någon större del av denna. Detta då det antagligen endast är ett mindre antal av de deponier som varit i drift fram till idag som har sluttäckts.¹⁷³

Leveranser av ballast fördelat på användningsområde	
Fyllnadsmaterial	17%
Vägbyggnad	50%
Betong	10%
Övrigt	24%

Tabell 6. Leveranser av ballast fördelat på användningsområde.

¹⁷⁰ Berg Åke, SGU, telefonsamtal, 16/3-05

¹⁷¹ Berg Å, et al (2003)

¹⁷² Berg Å, et al (2003)

¹⁷³ Svedberg Bo, Tekniska Licentiat, Ecoloop, samtal under våren -05

I tabell 7 har leveranserna av ballast redovisats länsvis. Genom att titta på hur stora leveranserna av ballastmaterial är i Sveriges respektive län fås en grov uppskattning av hur mycket material respektive län förbrukar. Dessa siffror är dock ganska osäkra. Detta beror på att de som är i behov av ballastmaterial kommer att vända sig till närmaste producent oavsett om denne finns i eller utanför länets gränser. Leveranserna kan alltså vara större eller mindre än själva förbrukningen inom länet.¹⁷⁴

Som nämndes ovan fördelar sig även tillgången på ballast ojämnt i landet. Av de uppgifter på materialtillgång som redovisas här har antagligen endast en bråkdel använts till deponitäckningar. Detta är dock något som kan komma att förändras under de närmaste åren när sluttäkningsarbetet kommer igång. I vissa delar av landet, där det redan idag råder brist på ballastmaterial, kommer antagligen problemen att öka framöver.

Leveranser av ballast i Mton/år 2003 per län	
Västra Götaland	11,9
Stockholm	8,7
Skåne	8,3
Jönköping	3,5
Uppsala	3,3
Norrbottn	3,0
Dalarna	3,0
Västernorrland	2,8
Östergötland	2,8
Västerbotten	2,7
Halland	2,6
Blekinge	2,6
Gävleborg	2,3
Värmland	2,2
Jämtland	2,1
Västmanland	2,0
Södermanland	1,8
Örebro	1,8
Kronoberg	1,6
Kalmar	1,6
Gotland	0,3
Hela landet	70,9

Tabell 7. Leveranser av ballast fördelat länsvis.

7.5 Restprodukter – tillgångar

I detta avsnitt redovisas tillgången på de restprodukter som togs upp i avsnitt 6.2 och bilaga 1. I sammanställningen ingår redogörelser för vilka industrier som ger upphov till vilken typ av restprodukt och hur dessa för närvarande tillvaratas. Sammanställningen har, precis som vid genomgången av restprodukternas egenskaper, kompletterats med uppgifter om tillgången på avloppsslam och gummiklipp. I tabell 8 redovisas varje restprodukt som ingår i inventeringen för sig och inom vilken bransch den uppkommer. En stor del, cirka 37 miljoner ton, av materialet utgörs av sårhållet gråberg, huvudsakligen från gruvindustrin i Kiruna. Deras potential att utnyttjas begränsas av transportavståndet.

¹⁷⁴ Berg Åke, SGU, telefonsamtal 16/3-05

Bransch	Avfallsslag	Total producerad mängd ton/år	Deponering- Intern & extern
Gruvindustrin	Gråberg	20488879	14100000
Gruvindustrin	Särhålllet gråberg	17032000	17032000
Stenindustrin	Reststen från industrimineral	1095019	346487
Stenindustrin	Reststen från blockstensbrytning	714752	396252
Metallindustrin	Masugnsslagg	579700	0
Förbrännings- & Massa- och pappersindustrin	Bottenaska	521536	127948
Metallindustrin & Gjuterier	Slagg	288424	59106
Förbrännings- & Massa- och pappersindustrin	Flygaska	262283	168256
Reningsverk	Avloppsslam	760800	0
Metallindustrin	Järnsand	232817	149817
Massa- och pappersindustrin	Grönlutsslag	214259	200441
Stenindustrin	Morän	210460	0
Förbrännings- & Massa- och pappersindustrin	Aska	172126	69137
Metallindustrin & Gjuterier	Gjuterisand	148888	76290
Massa- och pappersindustrin	Mesa	77931	26699
Ragn Sells	Gummiklipp	70000	0
Metallindustrin	Metallurgiskslagg	60000	60000
Övrig industri	Grus och lera	29240	0
Övrig industri	Sandrejekt	27000	0
Övrig industri	Grus	17800	0
Övrig industri	Sten	16250	0
Massa- och pappersindustrin	Kalkgrus	15035	12090
Förbränning	Sand från fluidiserande bädd	14795	6252
Stenindustrin	Restmaterial från kalktillverkning	14651	9388
Gjuterier	Skärsten	13000	13000
Gjuterier	Formsand	5166	3282
Gjuterier	Fejalitslagg	5000	5000
Metallindustrin & Övrig industri	Tegelrester	4889	1238
Gjuterier	Slaggranulat	3870	0
Övrig industri	Glaskross	2500	500
Massa- och pappersindustrin	Uptiningssand	2265	0
Förbränning	Avsvalningsprodukt	2000	2000
Metallindustrin	Infodringar	1531	0
Metallindustrin & Gjuterier	Gjutkärnor	981	0
Övrig industri	Gips	950	950
Massa- och pappersindustrin	Pannsand	306	306
Massa- och pappersindustrin	Betong	235	0
Alla branscher		42,3 M ton	32,9 Mton

Tabell 8. Tillgången på icke-traditionella täckningsmaterial fördelat på respektive bransch

I SGI:s rapport redovisas det, förutom antal ton som deponeras, även intern- och extern återvinning, övrigt omhändertagande och okänt användningsområde.

7.6 Resultat - behov & tillgångar

För att kunna sätta tillgången i relation till efterfrågan har dessa räknats om till jämförbara enheter och sammanställts nedan. Beräkningarna har gjorts genom att försöka uppskatta hur

många ton material som kommer att gå åt för att täcka en hektar deponi. För att göra detta har dels medelvärdet för mäktigheten i en deponitäckning uppskattats och dels medelvärdet för densiteten hos de material som ingår i sluttäckningen. Då mäktigheten, enligt modellerna, bestämts till två meter för en sluttäckning i södra Sverige och 3 meter i norra Sverige har mäktigheten på sluttäckningen generaliserats till 2,5 meter. Densiteterna hos materialen har varit svårare att uppskatta då dessa skiljer sig åt mellan alla de material som används till sluttäckningen. Då det rör sig om en grov uppskattning har medelvärdet för skrymmdensiteterna för materialen som ingår i modelldeponin, då de är löst packade, använts. Resultatet från jämförelsen finns redovisat i tabell 9 nedan och i tabell 10 visas hur leveranserna av traditionella täckningsmaterial fördelas på olika användningsområden.

Miljoner ton massor som kommer att behövas från år 2005 och framåt		
Tidpunkt	Mton	Mton / år
Påbörjat täckning	34,2	34,2
2006-2010	22,6	4,5
2011-2020	3,1	0,31
2021-	8,1	-
Sluttäckning efter 2008	8,5	-
Ur drift innan 2008	2,2	-
Drift efter 2008	6,5	-
Vet ej	15,5	-
Total	97,4	-

Tabell 9. Behovet av täckningsmaterial, beräknat utifrån antagandet om att mäktigheten på täckningen är 2,5 meter och densiteten är 1,2 ton/m³.

Leveranser av traditionella täckningsmaterial i miljoner ton / år						
Materialtyp	Totalt	Vikt fördelat på användningsområden				
		Fyllnadsmaterial	Vägbyggnad	Betong	Övrigt	Enhet
Traditionella material	70,9	12,1	35,5	7,1	17,0	Mton/år

Tabell 10. Leveranser av traditionella material här i form av ballast, fördelat på olika användningsområden. Siffrorna är ungefärliga

Utifrån tabellerna ses att efterfrågan på täckningsmaterial kommer att vara stor under åren fram till 2010. Enligt inventeringen kommer närmare bestämt drygt 11,4 miljoner ton¹⁷⁵ täckningsmaterial att behövas varje år mellan åren 2005 och 2010. Om endast traditionella material skulle användas till sluttäckningar skulle cirka 16 procent av de totala leveranserna, 70,9 M ton/år, alltså behöva användas i detta syfte. Denna siffra är antagligen i underkant då den inte inkluderar de deponier som tagits ur drift innan år 2008 och inte heller de deponier som fallit bort i inventeringen. Detta skulle i så fall betyda att andra verksamheter som använder ballastmaterial skulle bli lidande eller att deponierna inte kan täckas i den takt som bestämts utifrån deponiförordningen.

Som beskrivits ovan är de traditionella materialen redan idag en bristvara på flera platser i landet. För att få en bild av hur tillgången och efterfrågan fördelar sig i Sverige har, i tabell 11, även jämförelser mellan leveranserna av traditionella material med materialbehoven i varje län gjorts. Hur många hektar deponi som ska sluttäckas inom respektive tidskategori och län redovisas i bilaga 2.

¹⁷⁵ (22,6 M ton + 34,2 M ton) / 5 år

Länsvis jämförelse över tillgångar och behov av sluttäckningsmaterial mellan år 2005-2010			
Län	Leveranser av traditionella material i Mton/år	Materialbehov till deponier år 2005-2010 Mton/år	Antal procent som materialbehovet utgör av levernasena av traditionella material
Blekinge	2,6	0,6	2,3%
Dalarna	3,0	0,8	25,3%
Gotland	0,3	0	0,0%
Gävleborg	2,3	1	42,8%
Halland	2,6	0,2	8,9%
Jämtland	2,1	0,06	2,8%
Jönköping	3,5	0,2	6,5%
Kalmar	1,6	0,4	23,8%
Kronoberg	1,7	0,2	9,9%
Norrbottn	3,0	0,6	19,8%
Skåne	8,3	0,5	5,8%
Stockholm	8,7	0,3	3,3%
Södermanland	1,8	0,2	13,4%
Uppsala	3,3	0,1	4,0%
Värmland	2,2	0,6	27,8%
Västerbotten	2,7	0,9	33,9%
Västernorrland	2,8	0,2	7,5%
Västmanland	2,0	0,6	31,7%
Västra Götaland	12	1,7	14,0%
Örebro	1,8	0,4	25,1%
Östergötland	2,8	0,3	12,7%

Tabell 11. Länsvis jämförelse över behovet av täckningsmaterial och år 2003 leveranser av traditionella material till respektive län.

Sju av länen har markerats med fet stil där materialbehovet under åren fram till 2010 överstiger 20 procent av de totala leveranserna av ballast. Detta är en stor andel av de totala leveranserna vilket indikerar att dessa län kommer att få problem med hur resursfördelningen av traditionella material ska lösas framöver. Bland de övriga länen utgör materialbehovet i stort sett mellan 5-10 procent av de totala ballastleveranserna. Huruvida detta kommer att leda till problem i det aktuella länet beror bland annat på om det redan idag råder brist på ballastmaterial och om länets deponier kommer att sluttäcka under samma år eller sprida ut arbetet under en längre tidsperiod.

Inventeringen över efterfrågan och tillgången på täckningsmaterial, utifrån de resultat som sammanställts, styrker påståendet att det kommer att råda brist på traditionella täckningsmaterial de närmaste åren. Tillgången på restprodukter som uppkommer varje år skulle kunna fylla en del av det behov som finns.

8 Ekonomiska kalkyleringar

Detta kapitel inleds med en beskrivning över hur kostnader för olika täckningsalternativ har tagits fram. Avsnittet följs sedan av en genomgång över deponi- och materialägarers ekonomiska utfall för de olika delkostnader som ingår i ett täckningsscenario och redovisas i avsnitt 8.2 och 8.3. Avslutningsvis kommer den totala kostnaden för olika sluttäckningar att redovisas och för- och nackdelar med olika alternativ att diskuteras. Alla kostnadsberäkningar och referenser finns redovisade i bilaga 3.

8.1 Tillvägagångssätt

De kostnader som ligger till grund för kalkylen har samlats in via intervjuer med personer som har erfarenhet av kostnadsberäkningar för deponitäckning och aktiviteter som rör detta. Vid generella kostnadsberäkningar av detta slag är det viktigt att tänka på att väldigt olika resultat kan erhållas i varje enskilt fall. Hur dyr en täckning blir beror bland annat på avståndet mellan deponin och täckningsmaterialen samt på hur lång tid man måste vänta på materialet. Om lastbilar för frakt av materialet inte finns lediga och tillgänglig personal vid deponin därför inte kan arbeta, höjs exempelvis kostnaden. Om det däremot pågår aktiviteter i närheten av deponin (vägbyggnation etc.) där stora mängder material uppkommer, kan detta material bli billigt för deponiägaren.¹⁷⁶

Då det är svårt att få en enhetlig kostnadsbild redovisas kostnaderna i ett intervall för att ge en uppfattning av storleksordningen och en jämförelsegrund. De prisuppgifter som erhållits är från 2005, förutom kostnadsuppskattningen för driften av en deponi vars kostnader har beräknats år 2002, vilket var den senast tillgängliga datan.

8.2 Deponiägarers ekonomiska utfall

Utfallet för deponiägarers kostnader beror av vilken typ av sluttäckningslösning som denne väljer. I kostnaden för sluttäckning har råvarukostnaden för de olika materialen, transport av materialen till deponin, samt utläggningskostnaden inkluderats. En rad andra faktorer spelar dock in då det totala priset för en sluttäckning ska bestämmas. Detta gäller i synnerhet då en täckning med icke-traditionella material utnyttjas. Benny Karlsson¹⁷⁷, sakkunnig på företaget Markförädling i Norrland AB, har beräknat kostnader vid sluttäckningen av Stordalens avfallsdeponi i Timrå som täckts med restprodukter. Han menar att det i dag ofta är för dyrt att använda restprodukter som sluttäckningsmaterial om deponiägaren måste betala alla kostnader för restprodukterna samt transporter av dessa. Detta då materialet kan vara svårare att lägga ut och det är svårare att planera och förutsäga kostnaderna då fler eller andra maskiner kan behövas när restprodukter används till sluttäckning. Dessutom kan ökade kontroller för att fastställa att materialet fungerar tillfredställande behövas.

Flera av de materialägare som intervjuades uppgav att de inte tar betalt för restprodukterna samt att de ibland står för en del av deponiägarers kostnader, exempelvis transportkostnaderna, då deras material används för sluttäckning. Därför har antagandet gjorts att råvarukostnaderna för restprodukterna är 0 kr för deponiägaren. Därmed betalar denne råvara, transporter och utläggning för de traditionella materialen medan endast transportkostnader och utläggningskostnader betalas för de icke-traditionella.

¹⁷⁶ Karlsson Benny, sakkunnig, Markförädling i Norrland AB, telefonsamtal 8/4-05

¹⁷⁷ Ibid.

Då råvaru- och utläggningskostnaderna är fasta medan transportkostnaderna varierar beroende på hur långt från deponin sluttäckningsmaterialet befinner sig, har vidare en känslighetsanalys, där transportavstånden varit den varierande parametern, utförts för det totala priset för sluttäckning. Denna redovisas i avsnitt 8.4.1

8.2.1 Råvarukostnader – traditionellt och icke-traditionellt material

Tabell 12 visar erhållna råvarukostnader redovisade i kr/hektar deponi för täckningarna med traditionella material (scenario 1) och restprodukter (scenario 2). Kostnaderna för de traditionella materialen har baserats på rapportens typdeponier i mellersta respektive norra Sverige och kostnaderna för restprodukter har baserats på typdeponierna för icke-traditionell sluttäckning med tätskikt av avloppsslam och flygaska respektive mesa. Då råvarukostnaden för restprodukterna antogs vara noll kronor blir prisintervallet lika stort för täckningarna med de två olika tätskikten.

För geotextil har transporter och utläggning inkluderats i råvarukostnaden för alla fallen.

Råvarukostnader redovisade i 1000-tals kr/hektar deponi			
Scenario 1		Scenario 2	
<i>Mellersta Sverige</i>	<i>norra Sverige</i>	<i>slam & aska</i>	<i>Mesa</i>
1460-2770	2260-4370	610-1200	610-1200

Tabell 12. Råvarukostnader för scenario 1 och 2.

8.2.2 Transportkostnad för traditionella material

Vid kalkyleringen av transportkostnaderna valdes, utifrån information som framkom under intervjuerna, en lastbil med släp som har tillåten maxvikt på 36 ton för både in- och utrikes transporter. Transportkostnaden inkluderar personalkostnader, bensin, slitage samt att lastbilen åker tom tillbaka vid varje leverans. Personal och bränsle utgör de största utgifterna vid transport, vilket innebär att en lastbil som inte är fylld i princip kostar lika mycket som en full lastbil per kilometer¹⁷⁸. För att vara helt rättvisande borde därför antalet lastbilar som behövs för att köra materialet till deponin ligga till grund vid beräkning av transportkostnaderna. Här har dock kostnaderna baserats på antal ton material som fraktas, vilket ändå ger en bild av kostnaderna. Transportkostnaderna då alla material som ingår i de olika typdeponierna transporteras 1 km visas i tabellen nedan.

Transportkostnader för deponiägaren redovisade i 1000-tals kr/hektar deponi och km			
Scenario 1		Scenario 2	
<i>mellersta Sverige</i>	<i>norra Sverige</i>	<i>slam & aska</i>	<i>Mesa</i>
59,2-70	75,2-98,0	29,9-38,3	27,2-35,6

Tabell 13. Transportkostnader för deponiägaren i scenario 1 och 2.

8.2.3 Utläggingskostnader

I nedanstående tabeller redovisas utläggningskostnaderna för en traditionell täckning i mellersta och norra Sverige samt för icke-traditionell täckning med de två olika tätskikten. Utläggingskostnaderna beror av hur materialen lagts ut och packats samt vilken typ av maskiner som krävts vid detta arbete¹⁷⁹.

¹⁷⁸ Karlsson Benny, telefonsamtal 8/4-05

¹⁷⁹ Ibid.

Utläggingskostnader för deponiägaren redovisade i 1000-tals kr/hektar deponi			
Scenario 1		Scenario 2	
<i>mellersta Sverige</i>	<i>norra Sverige</i>	<i>slam & aska</i>	<i>Mesa</i>
179-276	279-436	1160-2360	760-1100

Tabell 14. Utläggingskostnader för deponiägaren i scenario 1 och 2.

8.2.4 Blandning av slam och aska – en extra kostnad

Då flygaska tillsammans med avloppsslam används i den ena icke-traditionella täckningens tätskikt tillkommer en kostnad för blandning av materialen. Materialen kan antingen blandas vid den aktuella deponin eller innan transporten till denna. I kostnadsuppskattningen som redovisas här har det antagits att materialen transporteras separat för att sedan blandas vid deponin.

Som lägsta kostnad har en prisuppgift på 50 kr/ton material använts. Den baseras på resultaten från ett projekt där Dragmossens avfallsdeponi i Älvkarleby sluttäcktes med avloppsslam och flygaska i tätskikt¹⁸⁰. I detta projekt blandades materialen vid deponin, först med en rotorskopa försedd med blandare och sedan med hjälp av ett asfaltsverk. Prisuppgiften 50 kr/ton förutsätter att blandaren har kapacitet för 90 ton material/timme. Den högsta prisuppgiften, 150 kr/ton material, baseras på kostnader från fältförsök gjorda vid Tekniska verken i Linköping. Även där användes avloppsslam och flygaska som tätskikt och blandades på samma vis som vid Dragmossen¹⁸¹.

8.3 Materialägarers ekonomiska utfall

I det ekonomiska utfallet för materialägaren har kostnaden att lägga materialen på deponi jämförts med kostnaden att frakta materialet till en deponi för sluttäckning. Anledningen till att materialägaren här antas betala transporterna till deponin, istället för deponiägaren, är att de personer som intervjuats uppgav att så ofta var fallet. I deponeringskostnaden har driftskostnaderna för en deponi samt deponiskatt för restprodukterna tagits i beaktande. Då gummiklipp och avloppsslam inte får deponeras har kostnaderna istället beräknats för tillverkning av anläggningsjord från slam respektive förbränning av gummiklipp i cementugn på Gotland.

8.3.1 Driftskostnader för materialägarers deponi

För att få en uppfattning om kostnaderna att driva en deponi har en rapport som utförts av Statens geotekniska institut (SGI) på uppdrag av Naturvårdsverket¹⁸² varit utgångspunkten. I rapporten utreds konsekvenserna av förordningen om deponering av avfall och där ingår beräkningar för framtida kostnader vid deponering av avfall. Deponeringskostnaden bygger bland annat på anläggnings- och driftskostnader samt på kostnader för miljökontroller. I utredningen undersöks en modelldeponi som uppfyller de krav som ingår i deponeringsförordningen. Modelldeponin är en "normal", kommunal deponi som i första hand tar emot konsumtionsavfall, men även produktionsavfall. Deponin är därmed främst anpassad för att ta emot icke-farligt avfall men kan i framtiden tänkas ta emot farligt avfall i form av till exempel förorenade jordar. Kapaciteten för modelldeponin beräknas till 40 000

¹⁸⁰ Eklund Caroline, projektledare Econova i Norrköping, telefonsamtal 11/4 samt 26/4-05

¹⁸¹ Hammar Magnus., avfallsingenjör på Tekniska Verken i Linköping, telefonsamtal 11/4-05

¹⁸² Wik O., Wadstein E., Rosqvist H. (2002)

m³ och kostnadsberäkningarna har gjorts med volymen deponerat avfall som normaliseringsgrund.

Det är viktigt att tänka på att det finns många osäkra parametrar i SGI:s kostnadskalkyl. Kostnaderna för driften kan variera kraftigt från plats till plats, något som till exempel beror på vilka investeringar av skyddsåtgärder som måste vidtas. Förekomsten av en naturlig geologisk barriär eller recipientens känslighet är bara några parametrar som är platsbundna. Ett annat problem var att många anläggningar bedriver annan typ av behandling som till exempel mellanlagring, sortering, materialåtervinning etcetera och därför hade svårt att särredovisa renodlade kostnader för deponering.¹⁸³ Då deponier som tillhör samma klass utformas på samma vis, har antagandet gjorts att SGI:s kostnadskalkyl går att använda även på industriella deponier. En deponi med botten tätning, lakvattenuppsamling samt konstgjord geologisk barriär har varit utgångspunkten.

I tabell 15 redovisas de, av SGI-utredningen, beräknade deponeringskostnaderna per kubikmeter tillgänglig deponeringsvolym. Utifrån SGI:s kalkyl har sedan deponeringskostnaden, den av oss så kallade driftskostnaden, per hektar deponi beräknats. Detta har gjorts genom antagandet att den tillgängliga deponeringsvolymen är lika stor som den volym flygaska respektive mesa som används för att täcka en hektar deponi i enlighet med de två icke-traditionella modelldeponierna. Se tabell 16 nedan.

Deponeringskostnad enligt SGI, redovisat i kr/m³ deponerat avfall		
	Lägst kostnad	Högst kostnad
Bottentätning, lakvattenuppsamling & konstgjord geologisk barriär	60	110
Drift	100	150
Miljökontroll under aktiv fas	10	15
Lakvattenbehandling	20	30
Miljökontroll efter aktiv fas	5	5
Kostnad för ställande av säkerhet	3	6
Övriga etableringskostnader	20	35
Summa	218	351

Tabell 15. Deponeringskostnader per kubikmeter deponerat avfall.

Driftskostnad för mängd material, 1000-tals kr/hektar deponi			
Skikt	Material	Lägst kostnad	Högst kostnad
Tätskikt och avjämningskikt	Flygaska	990	1600
Tätskikt	Mesa	1090	1760

Tabell 16. Driftskostnaden för den mängd flygaska respektive mesa som ingår i de icke-traditionella modelldeponierna .

8.3.2 Skatter vid deponering

Många material omfattas idag av lagen om skatt på avfall. Skatten uppgår, som tidigare nämnts, sedan år 2003 till 370 kr/ton material och ska betalas av den som bedriver verksamhet på deponeringsanläggningen. Naturliga material såsom krossberg, morän och sand innefattas

¹⁸³ Ibid.

inte av lagen.¹⁸⁴ I kalkylen är flygaska och mesa belagda med skatt, vilken måste betalas av materialägaren om denne driver en egen deponianläggning.

8.3.3 Alternativ till deponering- gummiklipp och avloppsslam

Då tillverkning av anläggningsjord är ett stort avsättningsområde för avloppsslam har kostnaden för detta beräknats. Enligt de uppgifter som erhållits uppgår denna kostnad till cirka 300 kr/ton slam, vilket innefattar behandling av slammet samt transport från det aktuella reningsverket till jordtillverkningsstället.¹⁸⁵ Den största delen av de däck som samlades in av Svensk däckåtervinning AB år 2003 gick till förbränning för energiuttag vid cementtillverkning. År 2002 var det Cementas fabrik på Gotland som förbrukade den största andelen däck.¹⁸⁶ Eftersom inga uppgifter om materialägarens kostnader för hela denna process kunnat ges, har endast kostnaden för frakten av gummiklippet till förbränningen beräknats. Denna kostnad blev 1931 kr/hektar deponi och kilometer.

8.3.4 Transportkostnader

Samma antaganden har gjorts här som för transportkostnaderna i avsnitt 8.2.2. I kalkyleringen har transportkostnaderna för avloppsslam, flygaska, mesa och gummiklipp då de ska användas till deponitäckning lagts på materialägaren. Kostnaderna redovisas i tabell 17.

Transportkostnad för respektive material, 1000-tals kr/hektar deponi och km	
Material	Kostnad
Flygaska	10
Avloppsslam	6,7
Mesa	6,5
Gummiklipp	1,9

Tabell 17. Transportkostnader för materialägaren.

8.4 Resultat - jämförelse mellan scenario 1 och 2

I detta avsnitt jämförs deponiägares och materialägares kostnader i de olika scenarierna för att få en uppfattning om det lönar sig för de två parterna att använda restprodukter för sluttäckning.

8.4.1 Deponiägare

För att kunna jämföra kostnaderna mellan täckning med traditionella material respektive restprodukter har en känslighetsanalys gjorts där transportavstånden mellan sluttäckningsmaterialen och den deponi som ska täckas varierats. Som tidigare nämnts kan en materialägare ibland stå för en del av deponiägares kostnader vid sluttäckning med icke-traditionella material. Detta beror till stor del på de alternativa kostnader, deponiskatt samt drift av deponi, som materialägaren slipper betala i och med att materialet används för sluttäckning i stället för att läggas på deponi¹⁸⁷.

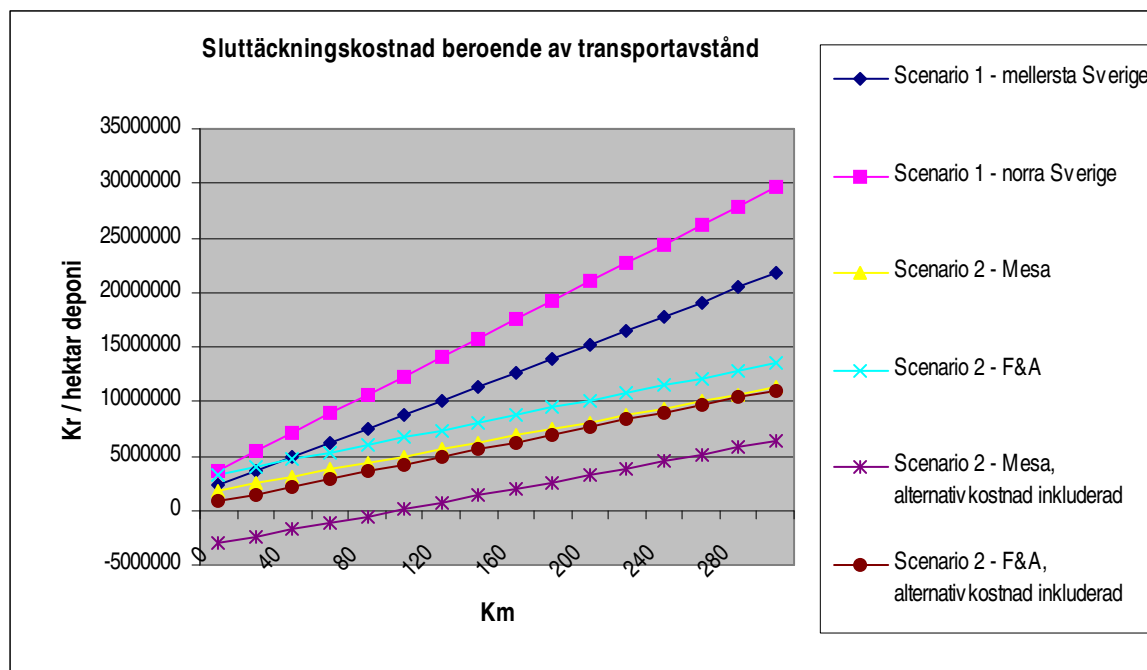
¹⁸⁴ SFS (1999) Lag om skatt på avfall. SFS 1999:673

¹⁸⁵ Anders Aronsson, säljare, RagnSells avfallsbehandling AB i Stockholm, telefonsamtal 4/5-05

¹⁸⁶ Peterson A., (2004) *Miljösystemanalys för alternativa lättfyllnadsmaterial i vägar*. Examensarbete utfört vid industriellt miljöskydd, KTH. s.24

¹⁸⁷ Svedberg Bo, samtal under våren -05

I känslighetsanalysen, figur 12, har därför ytterligare två fall införts under scenario 2. Dessa är Scenario 2 – sluttäckning med mesa, alternativkostnad inkluderad samt Scenario 2 – F&A (flygaska och avloppsslam), alternativkostnad inkluderad. I de två fallen har materialägarens kostnad för deponiskatten och deponidriften dragits av från de fasta kostnaderna för materialägaren. Där antas med andra ord att materialägaren använt hela den vinst denne erhåller, genom att inte deponera materialen, till att hjälpa deponiägaren med sluttäckningskostnaden. Att hela vinsten skulle gå till deponiägaren är knappast troligt i verkligheten, men ger vid jämförelse med de andra fallen i scenario 2, där alternativkostnaden inte inkluderats, en mer realistisk bild av sluttäckningskostnaden för icke-traditionella material. I analysen har även antagandet att alla material i de olika täckningarna transporteras lika långt, gjorts. Egentligen ligger materialen i en täckning oftast på olika avstånd från deponin och analysen ger därför endast en förenklad kostnadsbild. Observera att det är den genomsnittliga kostnaden som visas i diagrammet.



Figur 12. Känslighetsanalys av totalkostnaden för sluttäckning vid olika transportavstånd för deponiägaren. Genomsnittskostnaden har använts.

Då jämförelsen mellan scenario 1 och 2 för deponiägaren görs, ses att de traditionella täckningarna blir dyrare i förhållande till de icke-traditionella täckningarna, ju längre transportavståndet är mellan materialproducenten och deponin, förutsatt att alla material transporteras lika långt. Kostnaden för de traditionella täckningarna påverkas mest av transportavstånden vilket bland annat beror på att morän, geotextil samt bentonitmattor som transporteras i dessa fall har hög densitet, något som gör att en lastbil inte kan lastas full utan att maxvikten överskrids. Detta innebär att fler lastbilar gick åt för att frakta dessa material, än vad som krävts om den fulla lastvolymen kunnat utnyttjas. Geotextil och bentonitmattor fraktas dessutom ända från Polen vilket också bidrar till kostnaderna. Att kostnaderna för den traditionella täckningen i norra Sverige påverkas mest, inom scenario 1, av transportavstånden beror på att mer morän måste transporteras och användas till denna täckning på grund av tjäldjupet.

Vidare är, enligt analysen, en icke-traditionell täckning med avloppsslam och aska något dyrare än den traditionella täckningen i mellersta Sverige då transportavståndet är litet, men blir billigare efter ca 50 km då alternativkostnaden inte inkluderats. Det är dock ganska troligt

att kostnaden för täckningen med slam och aska är något lägre i verkligheten då materialägaren kan ha hjälpt till med kostnaderna för täckningen.

Inom scenario 2 är de fasta kostnaderna dyrast för täckningen med avloppsslam och flygaska, vilket framför allt beror på kostnaden för blandning av slam och aska i detta fall. Täckningen med mesa i tätskikt har den minsta fasta kostnaden av alla alternativ. Då vinsten från deponiskatten inkluderas i täckningen med mesa i tätskikt visar det sig till och med att kostnaden för sluttäckningen är negativ fram till 100 kilometers transportsträcka. Detta innebär att deponiägaren gör en vinst då denne använder sig av denna täckning fram till detta avstånd.

8.4.2 Materialägare

I scenario 1 läggs restprodukterna på deponi eller genomgår alternativ behandling. Den totala kostnaden vid deponering inkluderar drift av deponin samt avfallsskatt. I tabell 18 redovisas detta samt kostnaderna vid förbränning av gummiklipp och tillverkning av anläggningsjord med avloppsslam. Observera att kostnaden för gummiklipp är redovisat i kr/hektar deponi och kilometer.¹⁸⁸ Det beror på att kostnaden, i denna kalkyl, är beroende av hur långt det är till förbränningsfabriken på Gotland från den plats där gummimaterialet befinner sig.

Total kostnad för deponering/alternativt utnyttjande av materialen, 1000-tals kr/hektar deponi	
Material	Kostnad
Flygaska	3470-4070
Mesa	4110-4770
Avloppsslam	130
Gummiklipp (kr/hektar deponi och km)	1,9

Tabell 18. Totalkostnaden för materialägaren då respektive material läggs på deponi eller tas omhand på ett alternativt sätt.

I scenario 2 används restprodukterna till täckning och det har då antagits att den aktuella materialägaren betalar transporten av materialet till deponin. I dessa fall kan inget kostnadsintervall ges på grund av brist på information.

Transportkostnad för respektive material, 1000-tals kr/ hektar deponi och km	
Material	Kostnad
Flygaska	10
Avloppsslam	6,7
Mesa	6,5
Gummiklipp	1,9

Tabell 19. Transportkostnaden för materialägaren redovisad för respektive material.

Huruvida det lönar sig för ägaren av ett visst material att deponera restprodukterna eller använda dem till täckning, beror på hur långt materialet måste transporteras. I tabell 20 anges hur många mil respektive materialägare kan frakta materialet innan det blir olönsamt. Tabellen ger även en fingervisning om hur långt bort det lönar sig för en deponiägare att inventera efter potentiella täckningsmaterial. För gummiklipp beror utfallet, med de antaganden som gjorts, på hur långt ett material måste fraktas för att förbrännas respektive

¹⁸⁸ Peterson A., (2004), s.24

användas för sluttäckning.

Antal mil det lönar sig att transportera respektive material	
Material	Antal mil
Flygaska	35-41
Mesa	63-73
Avloppsslam	20
Gummiklipp	?

Tabell 20. Antal mil som det lönar sig för materialägaren att transportera respektive material.

9 Miljömodellen - Sluttäckning och miljöpåverkan

Kapitlet inleds med redogörelser för hur miljöpåverkan har beräknats. Detta följs av två avsnitt där resultaten från beräkningarna diskuteras, dels genom en klassificering och en normalisering och dels genom tabeller i vilka de olika scenarierna jämförs. Slutligen ges en kort sammanfattning av resultaten. Alla beräkningar finns angivna i bilaga 4.

9.1 Tillvägagångssätt

Nedan följer tre avsnitt som inom LCA kallas för inventering. Här beskrivs den miljöpåverkan som uppkommer från transporter, materialbehandling och lakning.

9.1.1 Materialtransporter

I det svenska miljömålet Begränsad klimatpåverkan belyses utsläpp av växthusgaser som ett problem. Medan växthusgasutsläppen har minskat inom många sektorer har dessa ökat med 8 procent inom trafiksektorn sedan 1990-talet. Godstransporterna står för en stor del av denna ökning.¹⁸⁹ Vid sluttäckningen av en deponi åtgår stora mängder material. Dessa måste i de flesta fall transporteras till deponin vilket till övervägande del sker med lastbil¹⁹⁰. I en modell över miljöpåverkan vid sluttäckning av en deponi bör man därför ta hänsyn till materialtransporterna. Utsläpp från transporter som sker inom produktionsområdet ingår dock ej i beräkningarna. Detta då dessa transporter måste ske för alla olika materialtyper och därför inte antas ha så stor inverkan på det totala resultatet mellan de två scenarierna.

För att uppskatta hur stora utsläppen från materialtransporterna är har en sammanställning av utsläpp i form av emissioner och energiåtgång, som gjorts av Nätverket för transporter och miljö (NTM)¹⁹¹, använts. NTM har fokuserat på själva orsaken till möjlig miljöpåverkan när de valt ut vilka emissioner som mäts. Dessa är energibehov i form av fossila bränslen och emissioner till luft av CO₂, NO_x, SO₂, HC, PM och CO vid både drift och produktion av energibärare.

För att kunna använda NTM:s program måste användaren själv mata in uppgifter om:

- Vilken lastbils- och motortyp som använts vid transporterna.
- Total sträcka som körs varav sträcka i tätort
- Total vikt på last i ton samt
- Fordonets fyllnadsgrad

¹⁸⁹ Järnbäcker E., et al (2003), s.40

¹⁹⁰ Berg Å, et al (2003), s.5

¹⁹¹ NTM: <http://www.ntm.a.se/miljodata/start.asp>, 8/3-05

I kalkyleringsprogrammet fanns tre lastbilstyper att välja mellan. Vid de flesta transporter som är längre än 2,5 mil används lastbilar med en maxvikt på 36 ton¹⁹². I NTM-programmet var det en tung lastbil med maxvikt på 40 ton som överensstämde bäst med ett sådant fordon. Då studien blickar framåt och lastbilar är en förbrukningsvara som byts ut med jämna mellanrum, var det ett rimligt antagande att välja en lastbil av typen Euro klass 3, som uppfyller emissionsregler från år 2000, istället för att välja en äldre modell. Fyllnadsgraden som använts beror av densiteten hos materialen som fraktas. För att kunna uppskatta fyllnadsgraden för de material som ingår i modelldeponierna har Göran Dewall på Volvo lastvagnar¹⁹³ kontaktats. Han uppskattade volymen på frakutrymmet hos en tung lastbil med släp. Utifrån detta har det sedan beräknats hur stor del av detta utrymme som kan fyllas utan att överstiga vikten på fordonets maxlast. Återtransporten antas ske med tom lastbil. När fyllnadsgraden för bentonitmattor och geotextil beräknades antogs att dessa fraktas tillsammans för en traditionell täckningslösning, det vill säga densiteten hos materialet vid frakt räknades som summan av densiteterna hos mattan respektive textilen. I tabell 21 redovisas de användarval som har gjorts när emissionerna från transporter beräknats i NTM:s kalkyleringsprogram.

Fordonstyp	Maxlast	Motor- och bränsletyp	Bränsle- förbrukning	Sträcka
Tung lastbil med släp	40 ton	Euro 3, Mk1	4,9 liter/10km	1 km (ej tätort)

Tabell 21. Visar vilken typ av fordon som har använts för att räkna ut emissioner från transporter.

Det är viktigt att ha i åtanke att resultaten från kalkyleringsprogrammet som använts inte är några exakta uppgifter. Förarens körsätt är till exempel en viktig påverkansvariabel som det inte tas hänsyn till.¹⁹⁴ Uppgifterna ger dock en bild av storleksordningen på de utsläpp som uppkommer vid transporter. En annan aspekt av vikt är att körsträckan vid materialtransporterna hela tiden antagits vara 1 kilometer/hektar deponi. Detta innebär att varje fullastad lastbil kör 1 kilometer och att ju större mängd av ett visst material som går åt för att täcka 1 hektar deponi, desto fler lastbilar åtgår och ju längre blir den totala transportsträckan för att frakta materialet. Då det i fortsättningen hänvisas till att transporterna varit 1 kilometer i rapporten är det detta som avses.

9.1.2 Materialbehandling

Den energianvändning som undersökts i detta arbete uppkommer då tillverkningsprocessen för det aktuella materialet sker och då energibäraren tillverkas. Här redogörs dock inte för vilken typ av resurs som åtgått då materialen tillverkats. Energianvändningen kommer endast att tas i beaktande då det förekommer en betydande skillnad mellan de två scenarierna. Vid till exempel förflyttning av färdigbehandlade material med grävska på själva produktionsområdet antas skillnaden i energianvändningen mellan materialen vara så liten att detta steg har bortsetts från. Även beräkningar på livstiden för de olika arbetsmaskinerna ligger utanför systemgränsen. För att räkna ut emissionerna som energianvändningen ger upphov till har schablonvärden¹⁹⁵ för emissioner vid förbränning av diesel vid drift av

¹⁹² Karlsson Benny, telefonsamtal 8/4-05

¹⁹³ Dewall Göran, telefonsamtal, 6/4-05

¹⁹⁴ NTM: <http://www.ntm.a.se/miljodata/start.asp>, 23/3-05

¹⁹⁵ Stripple H., (1995)

arbetsmaskin och förbränning av eldningsolja i oljebrännare per g/MJ tillförd energi använts.

9.1.2.1 Krossberg

För krossberg har energiåtgången beräknats utifrån data för sprängning av berg, transport till krossmaskin och slutligen krossning av berget. För transporten har en dieseldriven arbetsmaskin använts.¹⁹⁶

9.1.2.2 Geotextil

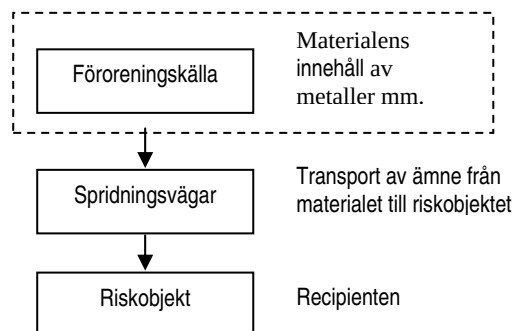
Geotextilen, vars data har använts, tillverkas av Kartro Terra Tec AB och har beteckningen typer 125, där numret står för densiteten i g/m². I datan över energianvändningen ingår produktion och transport av råvaror, textiltillverkning och leverans till arbetsplats.¹⁹⁷

9.1.2.3 Bentonitlera

För tillverkning av bentonitlera har data inte kunnat hittas, men enligt Örjan Amcoff,¹⁹⁸ universitetslektor i berggrundgeologi, liknar brytningsprocessen för kalksten brytning av bentonit. Då data om energiåtgång vid brytning av kalksten funnits tillgänglig har dessa värden istället använts som en uppskattning för energiåtgången vid brytning av bentonit.¹⁹⁹

9.1.3 Lakning

Miljöpåverkan från täckningsmaterialen sker främst genom att deponin utsätts för nederbörd, vilket får till följd att ämnen lakas ut från sluttäckningen och det deponerade materialet. Då vatten strömmar genom sluttäckningen löses ämnen ut som sedan kan transporteras till en recipient i form av mark eller vatten. Vilka ämnen som urlakas beror i sin tur på materialets sammansättning och ämnenas löslighet. Då en bedömning av ett visst materials miljöpåverkan görs krävs att tre grundläggande faktorer karaktäriseras. Dessa är föroreningskällan, spridningsvägarna och riskobjektet.²⁰⁰ Detta illustreras med hjälp av figur 13 nedan. Föroreningskällan i denna undersökning är de alternativa täckningsmaterialen, medan spridningsvägen syftar på transport av föroreningen från materialet till en recipient, det så kallade riskobjektet



Figur 13. Beskrivning över olika sätt att titta på emissioner till mark och vatten

¹⁹⁶ Ibid.

¹⁹⁷ Svingby M., Båtelsson O. (1999) *LCA av lättfyllnadsmaterial för vägbankar, sammanfattande rapport*. Vägverket i Borlänge. ISSN 1401-9612, Appendix

¹⁹⁸ Amcoff Örjan, telefonsamtal 18/4-05

¹⁹⁹ Tillman A-M., et al (1991) (citerad i Wallén E. (1999) Livscykelanalys av dricksvatten - en studie av ett vattenverk i Göteborg. Examensarbete, Teknisk miljöplanering, Chalmers, Göteborg. ISSN: 1400-9560, bilagedel)

²⁰⁰ Vinnova (2003), s. 32, 28/4-05

I denna rapport inkluderas endast undersökningar av direkta emissioner från föroreningskällan, det vill säga täckningsmaterialens kvalitet. Spridningsvägar och recipientens läge beaktas ej.

9.1.3.1 Val av data

För att få en bild av restprodukternas egenskaper samt möjliggöra en jämförelse med de traditionella materialen, har lakdata från redan genomförda försök sammanställts. Man bör dock vara medveten om att de undersökningar från vilka datan har valts kommer att styra resultatet vid denna jämförelse. Den lakdata som använts här kommer främst från skaktest gjorda i laboratorieundersökningar och visar lakningen vid L/S kvot 2 och 10. Alla undersökningar utifrån vilka data har hämtats är utförda med metoder som uppfyller Naturvårdsverkets föreskrifter. Materialens lakvärden har jämförts för tio olika ämnen. Dessa har dels valts utifrån tanken att de ska vara omnämnda i miljömålen och dels utifrån tillgänglig data.

9.1.3.2 Sand och Bergkross

Lakdata för krossat berg och sand kommer från en rapport²⁰¹ där skaktester har gjorts i labb enligt metoden CEN prEN12457, en metod som föreslås bli europeisk standard²⁰². Då det inte fanns lakdata för Hg, Cl och Cu i denna undersökning användes i dessa fall i stället data för krossberg av finkornig och grovkornig granit. Datan erhöles från en rapport från Sveriges Provnings- och forskningsinstitut (SP) där skaktester enligt metoden SS-EN 12457-3 använts²⁰³.

9.1.3.3 Mesa

Lakdata för mesa har tagits från en undersökning som gjorts av Pousette och Mácsik²⁰⁴ med mesa från Assi Domäns bruk i Frövi. Testerna har utförts i labb med skaktest enligt prEN 12457 metoden.

9.1.3.4 Morän

När det gäller morän finns det ännu väldigt lite lakdata. Eva Kälvesten har i sitt examensarbete *Miljömässig kartering av vägbyggnadsmaterial*²⁰⁵ redovisat lakdata för ett mindre antal ämnen såsom Cd, Cr, Cu, Ni, Pb och Zn som använts i denna studie. Hon har där redovisat L/S 2 och L/S 10 via serieskaktest enligt metoden CEN TC292/WG2. Den lakdata på morän som använts kommer från Mekedebý som ligger utanför Gävle. Denna morän beskrivs av Kälvesten som sandig, grusig och siltig. Då lakdata inte kunnat hittas för övriga ämnen har i stället gränsvärdena för inert avfall enligt NFS (2004:10) använts och där har endast värden för L/S 10 hittats.

²⁰¹ Mroueh UM., et al (2001) Life-cycle impacts of the use of industrial by-products in road and earth construction, Waste Management 21(2001) s.271-277

²⁰² Naturvårdsverket (2002), s.11

²⁰³ Ekvall A. (2005) *Bestämning av lakegenskaper med skaktest enligt SS-EN 12457-3*. Sveriges

Provtagningsinstitut, Rapportnr: P400838-01:B

²⁰⁴ Pousette K., Mácsik J. (2000) *Slutrapport -Material- och miljöteknisk undersökning av grönlutsslamm, mesa, kalkgrus, flyg- och bottenaska från AssiDomäns fem svenska bruk*. Luleå tekniska universitet, Institutionen för väg- och vattenbyggnad.

²⁰⁵ Kälvesten E. (1996) *Miljömässig kartering av vägbyggnadsmaterial*. Examensarbete, SGI, 1-9601-026

9.1.3.5 Gummiklipp

För gummiklipp har bara lakdata för L/S 10 hittats. Dessa har erhållits från en rapport gjord av Westerberg och Mácsik²⁰⁶, där gummiklipp har lakats enligt metoden prEN 12457.

9.1.3.6 Flygaska

Lakdata för flygaska kommer från laboratorieundersökningar utförda av SGI på uppdrag av Vattenfall Värme AB i Uppsala²⁰⁷. Försöken har gjorts på Torvflygaska och med skaktest enligt EN 12457-3 metoden.

9.1.3.7 Flygaska och avloppsslam

För blandningen av flygaska och avloppsslam har data från undersökningar utförda i projektet för Värmeforsk utnyttjats²⁰⁸. I projektet testades lakningen från ett tätskikt bestående av två materialblandningar med bioflygaska och avloppsslam på Dragmossens deponi i Älvkarleby. Data om slammet som använts kommer från Stockholm Vatten AB i Bromma och bioflygaskan från Vattenfall i Uppsala. I våra beräkningar har det antagits att avloppsslammet och askan är blandad med avseende på 50/50 procent torrsustans, men på grund av databrist har de värden för L/S 2 och L/S 10 som använts baserats på en blandning av 40 procent aska och 60 procent slam. Lakförsöken är gjorda på labb med hjälp av ICP-AES (atomemissionspektrometri med induktivt kopplad plasma), vid Luleå Tekniska Universitet. Då det inte fanns några lakdata för Cl i denna undersökning och då det framförallt är flygaskan i blandningen som innehåller detta ämne, användes samma värde för Cl som för flygaskan i avsnitt 9.1.3.6. Utlakningen vid L/S 10 för Hg fattades också i undersökningen och därför har totalhalten Hg i blandningen använts.

9.1.3.8 Anläggningsjord

Lakningen för anläggningsjord är inte med i undersökningen, då alla modelldeponierna har samma lagertjocklek av detta material och således kommer att ge samma lakresultat.

9.1.3.9 Bentonitmattor och geotextil

Då det antagits att bentonitmattor och geotextiler har en livslängd på 100 år och inte ger upphov till urlakning under denna tid, utförs inga lakningsberäkningar för dessa material²⁰⁹.

9.1.3.10 Nederbörd och infiltration

Verklig nederbördsdata mellan åren 1961-1990 erhöles från SMHI. Med verklig menas att värdena har korrigerats med avseende på mätfel och avdunstning. Medelvärde, efter korrigering, för samtliga mätstationer i Sverige blev 727 mm per år.²¹⁰ 40 procent av den nederbörd som faller på deponin har antagits tränga igenom och passera växtetableringsskiktet och skyddsskiktet. Avdunstning och vattenavrinning på grund av

²⁰⁶ Westerberg B., Mácsik J. (2000) *Gummiklapps geotekniska egenskaper*. Teknisk rapport 2001:02, Luleå Tekniska Universitet, Institutionen för Väg- och Vattenbyggnad, Avdelningen för geoteknik.

²⁰⁷ Statens geotekniska institut (2003) *Sammanställning av laboratorieundersökningar- Lakförsök på härdad kolflygaska och torvflygaska*. Utfört på uppdrag av Vattenfall värme Uppsala AB. Projektnr: 11682, Dnr: 2-0306-0383. Undersökningen registrerades 03-06-16

²⁰⁸ Mácsik J., Maurice C., Mossakowska A. (2005) Pilotförsök med flygaskastabiliserat avloppsslam (FSA) som tätskikt. Värmeforsk Service AB, ISSN: 0282-3772 Delrapport (manus godkänns 050901)

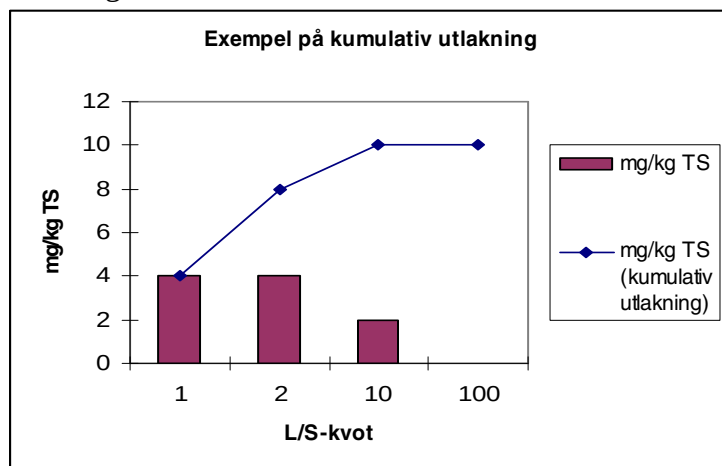
²⁰⁹ Magnusson Y. (2005), s.25

²¹⁰ SMHI: http://www.sna.se/webbatlas/kartor/vilka.cgi?temaband=P;lang=SE;karta=verklig_arsnederbord_1961_90;vt1=OK, 2/4-05

deponins lutning har inte tagits i beaktande.²¹¹ Genom tätskiktet och avjämningskiktet har 50 liter vatten per kvadratmeter och år maximalt fått passera, vilket överensstämmer med reglerna för en deponi för icke-farligt avfall. Undantaget från detta är blandningen av avloppsslam och flygaska i tätskikt och flygaskan i avjämningskiktet under detta tätskikt, där vattengenomströmning på 20 liter/m² och år antagits. Denna information erhöles från den rapport från Värmeforsk²¹² i vilken fältförsöket vid Dragmossen redovisas.

9.1.3.11 L/S kvot

En deponi ska bestå i oändlig tid och för att få en känsla av hur stor mängd av olika ämnen som lakas ur långt fram i tiden, har utlakningen för 100 år framåt redovisats. Det finns olika sätt att uppskatta mängden ämne som lakas ut från täckningen under 100 år. Då L/S 2 och 10 ofta undersöks vid laktester är ett sätt att, utifrån det L/S värde som är närmast 100 år, beräkna hur stor mängd ämne som lakas ut i genomsnitt per år, och ta denna mängd gånger 100. Detta kan dock vara missvisande då den största utlakningen har visat sig ske i början av en sluttäckt deponis livstid för att sedan avta²¹³. I figur 14 nedan visas hur den kumulativa utlakningen kan se ut för olika L/S kvoter.



Figur 14. Visar hur den kumulativa utlakningen kan se ut för olika L/S kvoter. Värdena i figuren är påhittade och syftar endast till att illustrera tanken utifrån vilken våra lakvärden har valts.

Varje L/S kvot kan, som tidigare nämnts, räknas om till ett visst antal år och därmed kan x-axeln i figur 14 även ses som en tidsskala. Efter tidpunkten för L/S 10 sker i flertalet fall endast en marginell utlakning. Därför har lakvärden som använts baserats på L/S 10 värdena. För vissa ämnen har L/S 10 uppnåtts efter 10 år medan det i andra fall uppnås först efter 200 år. Detta beror bland annat på mängden vatten som passerar genom täckningen, pH och lösligheten hos ämnena i materialet.

I tabell 22 redovisas hur många år det tog för respektive material att nå L/S 10 i våra olika modelldeponier. Detta har beräknats genom att uppskatta mängden vatten (i form av nederbörd) som kommer i kontakt med täckningsmaterialet, det vill säga antalet ton vatten som kommer i kontakt med ett visst antal ton torrt material per år²¹⁴. Då 10 gånger så mycket vatten som torrt material kommit i kontakt med materialet vid L/S 10, erhöles sedan antalet år

²¹¹ Magnusson Y. (2005) *Environmental Systems Analysis of utilisation for bottom ash in ground constructions*.

Examensarbete, Institutionen för industriell ekologi, Kungliga Tekniska Högskolan, Stockholm, s.25

²¹² Mácsik J., Maurice C., Mossakowska A. (2005)

²¹³ Svedberg Bo, samtal under våren -05

²¹⁴ $\text{Ton H}_2\text{O} / \text{Ton torrsustans material, ton per år} = (\text{Årsnederbörden, l/m}^2 \text{ och år} * \text{Infiltration genom skikt, \%} * 0,01 * 0,001) / (\text{Tjocklek på skikt, m} * \text{Materialets densitet, ton/m}^3)$

genom att dela 10 med mängden vatten i kontakt med materialet/år²¹⁵. Den data som använts finns i bilaga 4 under avsnitt 4.1.2 och 4.2.2.

Tid för att nå L/S 10 för materialen i respektive modelldeponi			
Modelldeponi	Material	Skikt	Antal år
Mellersta Sverige, traditionella täckningsmaterial	Morän	Skyddsskikt	48
	Sand	Dräneringsskikt	10
	Krossberg	Avjämningskikt	162
Norra Sverige, traditionella täckningsmaterial	Morän	Skyddsskikt	108
	Sand	Dräneringsskikt	10
	Krossberg	Avjämningskikt	162
Tätskikt med flygaska och avloppsslam	Morän	Skyddsskikt	42
	Gummiklipp	Dräneringsskikt	10
	Flygaska och Avloppsslam	Tätskikt	142
	Flygaska	Avjämningskikt	217
Tätskikt med mesa	Morän	Skyddsskikt	42
	Gummiklipp	Dräneringsskikt	10
	Mesa	Tätskikt	134
	Flygaska	Avjämningskikt	87

Tabell 22. Antal år som det tar för respektive material att nå L/S 10 i scenario 1 och 2.

9.2 Klassificering

De flöden som studerats i form av resursförbrukning, energianvändning samt emissioner till luft och vatten, kan medföra olika negativa effekter på miljön. Då Sveriges miljömål syftar till att begränsa alla dessa negativa miljöeffekter har, i tabell 23, de flöden som studerats kopplats ihop med de miljömål som beskrevs i avsnitt 3.3. Detta ger en bild av vilken miljöpåverkan de emissionerna ger upphov till.

Vid sluttäckning av de typdeponier som har undersökts förbrukas naturresurser såsom exempelvis sand från naturgrustäcker och energi som skyddas av miljömålet God bebyggd miljö. Användningen av energi sker i sin tur vid transporter och behandling av de material som ingår i täckningarna. Förutom att energianvändningen leder till uttag av fossila bränslen, ger den upphov till emissioner till luft som kan kopplas samman med miljömålen Frisk luft, Begränsad klimatpåverkan, Bara naturlig försurning och Ingen övergödning.

Utsläpp till luften i form av kolmonoxid, koldioxid och metan bidrar till växthuseffekten medan svaveldioxid och kväveoxider kan bidra till försurning respektive försurning och övergödning. PM utgörs i sin tur av hälsoskadliga partiklar som uppkommer då bränsle förbrukas vid bland annat transporter. Någon större vikt har inte lagts vid dessa emissioner i denna rapport, då de utgör en väldigt liten del av emissionerna och då ingen data har hittats för att kunna normalisera utsläppen.

Vatten skyddas av miljömålen Grundvatten av god kvalitet, Levande sjöar och vattendrag, Giftfri miljö och Bara naturlig försurning. Emissioner till vatten sker via utlakning av metaller från de olika deponitäckningarna och kan bland annat ge ekotoxiska effekter, det vill säga negativa effekter på levande organismer från cell- till ekosystemsnivå.

²¹⁵ Antal år det tar att uppnå L/S 10 = 10 / (Ton H₂O / Ton torrsustans material)

FLÖDEN	MILJÖKVALITETSMÅL	EFFEKTKATEGORI
Energi-användning		
Energiåtgång	Begränsad klimatpåverkan, Frisk luft, God bebyggd miljö	Resursanvändning, Växthuseffekten
Resurs-användning		
Morän	God bebyggd miljö	Resursanvändning
Sand	God bebyggd miljö	Resursanvändning
Krossberg	God bebyggd miljö	Resursanvändning
Emissioner till luft		
CO ₂	Begränsad klimatpåverkan	Växthuseffekten
NO _x	Frisk luft, Bara naturlig försurning, Ingen övergödning, Begränsad klimatpåverkan	Försurning, Övergödning, Växthuseffekt
HC	Begränsad klimatpåverkan	Växthuseffekten
CO	Begränsad klimatpåverkan	Växthuseffekten
PM	Frisk luft	Hälsoeffekter
SO ₂	Frisk luft, Bara naturlig försurning	Försurning
CH ₄	Begränsad klimatpåverkan	Växthuseffekten
Emissioner till vatten		
Cl	Grundvatten av god kvalitet, Giftfri miljö, Levande sjöar och vattendrag	Ekologisk toxicitet
SO ₄	Grundvatten av god kvalitet, Bara naturlig försurning	Ekologisk toxicitet, Försurning
As	Grundvatten av god kvalitet, Giftfri miljö, Levande sjöar och vattendrag	Ekologisk toxicitet
Hg	Grundvatten av god kvalitet, Giftfri miljö, Levande sjöar och vattendrag	Ekologisk toxicitet
Cd	Grundvatten av god kvalitet, Giftfri miljö, Levande sjöar och vattendrag	Ekologisk toxicitet
Cr	Grundvatten av god kvalitet, Giftfri miljö, Levande sjöar och vattendrag	Ekologisk toxicitet
Cu	Grundvatten av god kvalitet, Giftfri miljö, Levande sjöar och vattendrag	Ekologisk toxicitet
Ni	Grundvatten av god kvalitet, Giftfri miljö, Levande sjöar och vattendrag	Ekologisk toxicitet
Pb	Grundvatten av god kvalitet, Giftfri miljö, Levande sjöar och vattendrag	Ekologisk toxicitet
Zn	Grundvatten av god kvalitet, Giftfri miljö, Levande sjöar och vattendrag	Ekologisk toxicitet

Tabell 23. Emissionerna som har beräknats delas in under miljömål och effektkategorier.

9.3 Normalisering och miljöpåverkansbeskrivning

För att kunna bedöma vilken effekt olika scenarier har på miljön och för att kunna se huruvida dessa effekter är av större eller mindre betydelse nationellt, har resultaten från beräkningarna normaliserats i tabell 24. Normaliseringen är gjord i enlighet med den metod som använts av Kärrman och Jönsson vid systemanalys av avloppssystem²¹⁶ och vid en miljösystemanalys som syftar till att utreda askors regionala användningspotential i anläggningsbyggande²¹⁷. Vid normaliseringen har resurs- och emissionsflödena från de två scenarierna dividerats med nationella värden, det vill säga den mängd resurser/emissioner som uppkommer per person och år i Sverige. Detta innebär att ju lägre det normaliserade värdet för ett flöde är, desto mindre effekt har flödet nationellt sett.

I tabellen innebär, som nämnts tidigare, scenario 1 deponitäckning med traditionella material och scenario 2 täckning med icke-traditionella material. De täckta deponierna har

²¹⁶ Kärrman E., Jönsson H. (2001) *Normalising impacts in an environmental systems analysis of wastewater systems*. Water Science and Technology, Vol 43, nr 5pp 293-300

²¹⁷ Kärrman E., et al (2005)

sedan ”placerats” i mellersta eller norra Sverige där de två scenarierna jämförts med varandra. Transportavstånden antogs hela tiden vara en kilometer långa och massorna som fraktades skulle tillsammans räcka för att täcka en hektar deponi.

	Scenario 1		Scenario 2			Scenario 1		Scenario 2	
Flöden	Mellersta Sverige	Norra Sverige	Tätskikt slam och aska	Tätskikt mesa	Nationellt värde per person ⁵	Norm Mellersta Sverige	Norm Norra Sverige	Norm slam och aska	Norm mesa
Energi användning ¹									
Totalt (MJ)	472574	518540	501661	505272	249219	1,9	2,1	2,0	2,0
Resurs användning ²									
Morän (ton)	16000	36000	14000	14000	0,2	103942	233869	90949	90949
Sand (ton)	3200	3200	0	0	2,2	1424	1424	0	0
Krossberg (ton)	8500	8500	0	0	4,5	1875	1875	0	0
Emissioner till luft ³									
CO ₂ (ton)	22	26	40	40	6,2	4	4	6,4	6,5
NO _x (ton)	0,1	0,2	0,3	0,3	0,02	6	7	14,9	15,0
HC (ton)	0,02	0,02	0,03	0,03	Ingen data	Ingen data	Ingen data	Ingen data	Ingen data
CO (ton)	0,02	0,02	0,04	0,04	0,08	0,2	0,3	0,5	0,5
PM (ton)	0,0005	0,001	0,0005	0,001	Ingen data	Ingen data	Ingen data	Ingen data	Ingen data
SO ₂ (ton)	0,01	0,01	0,02	0,02	0,006	2	2	3,3	3,4
CH ₄ (ton)	0,0000	0,0000	0,00002	0,00002	0,03	0,0011	0,0011	0,00079	0,00079
Emissioner till vatten ⁴									
Cl (ton)	11	25	13	12	Ingen data	Ingen data	Ingen data	Ingen data	Ingen data
SO ₄ (ton)	14	31	36	14	Ingen data	Ingen data	Ingen data	Ingen data	Ingen data
As (ton)	0,01	0,02	0,01	0,01	Ingen data	Ingen data	Ingen data	Ingen data	Ingen data
Hg (ton)	0,0002	0,0004	0,002	0,0002	0,00000003	8306	14103	51262	7210
Cd (ton)	0,00002	0,00004	0,00004	0,00004	0,00000007	356	604	636	518
Cr (ton)	0,0004	0,0005	0,001	0,002	0,0000014	257	381	554	1447
Cu (ton)	0,001	0,002	0,02	0,001	0,00002	74	99	1140	65
Ni (ton)	0,003	0,006	0,01	0,003	0,0000014	2145	4629	6548	2257
Pb (ton)	0,0004	0,0005	0,001	0,01	0,0000043	84	124	188	2111
Zn (ton)	0,003	0,004	0,04	0,04	0,000049	59	77	799	871

Tabell 24. Normalisering av energi, resurser och emissioners flöden.

1 Centeno Lo'pez E. (2004) Energiläget 2004. Statens Energimyndighet, ET17:2004, Eskilstuna. Baserat på statistik från 2003: Total energianvändning 2003 i Sverige 624 TWh.

2 Berg Å., et al (2003)

3 Benediktson G., et al (2005) Sweden's National Inventory Report 2005 - Submitted under the United Nations Framework Convention on Climate Change. Naturvårdsverket, baserat på statistik från 2003

4 Bergbäck B., et al (2001) Urban metal flows - a case study of Stockholm. Review and Conclusions. Water, Air and Soil Pollution: Focus 1: 3-24,(2001), Kluwer Academic Publishers, Netherlands

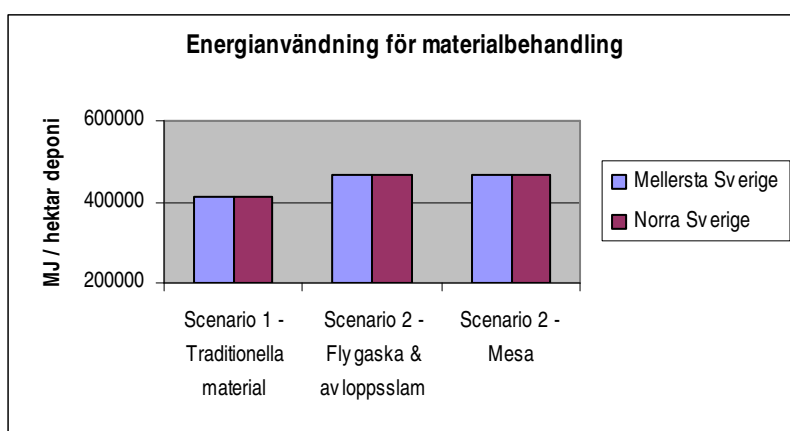
5 Preliminär folkmängd i Sverige, Februari 2005: 9014160 invånare. Hämtat från SCB:s hemsida.

Resultaten i tabellen indikerar att de flöden som hade störst betydelse ur ett nationellt perspektiv var uttaget av naturresurser och emissioner till vatten genom lakning, medan energianvändning var det flöde som genomgående gav minst utslag på nationell nivå. Vidare diskussioner om resultaten som framkommit i normaliseringstabellen kommer att göras i

efterföljande avsnitt.

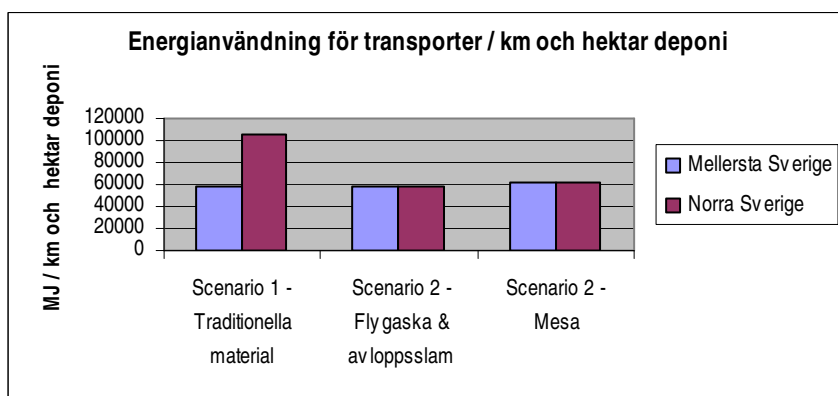
9.3.1 Energianvändning

I den totala energianvändningen har användningen av fossila bränslen och el innefattats. Fossila bränslen har använts vid transporter och materialbehandling medan el endast förbrukats vid materialbehandling. Energianvändningen vid sluttäckningen av modelldeponierna utgör inte en stor del av den nationella energianvändningen enligt normaliseringen. Att de normaliserade värdena inte blev större beror bland annat på att de endast har beräknats för en transportsträcka på 1 kilometer. Genom de normaliserade värdena ses dock att den totala energianvändningen (energianvändningen för materialbehandling och transporter) för scenario 1 och scenario 2 ligger väldigt nära varandra. Vid behandling av materialen har det använts mera energi i scenario 2, något som visas i figur 15. Detta beror till största delen på att klippning av gummiklipp förbrukar mycket energi.



Figur 15. Energianvändning vid materialbehandling.

I figur 16 ses att energianvändningen för materialtransporterna endast skiljde sig markant åt i scenario 1 för en deponi i norra Sverige. Denna skillnad beror på att materialåtgången ökade i norra Sverige för scenario 1, något som innebar ett ökat antal transporter. Att de övriga fallen inte skiljde sig nämnvärt åt berodde på att ungefär lika många lastbilslaster åtgick för att täcka en hektar deponi.



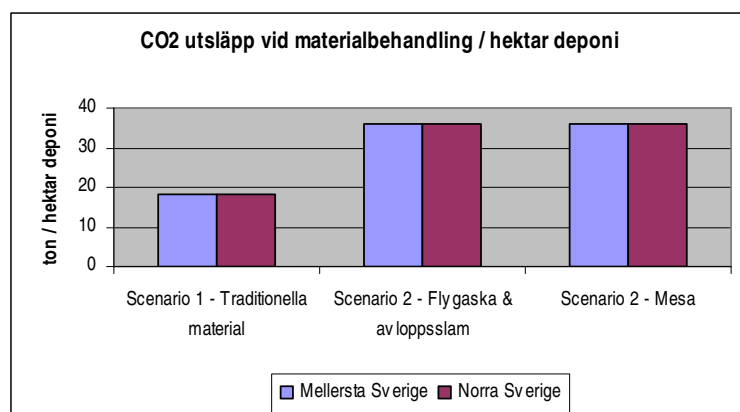
Figur 16. Energianvändning vid transporter.

Genom att transporterna är räknade utifrån en sträcka på en kilometer går det inte att sätta energianvändningen från transporter i relation till energianvändningen vid

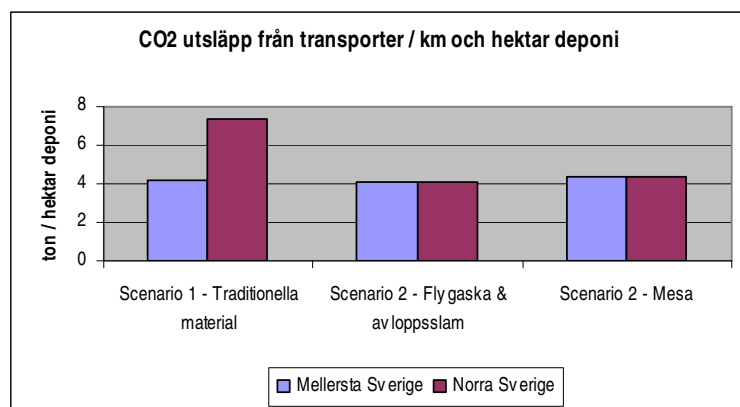
materialbehandling. Det som dock bör nämnas är att scenario 1 gav en lägre energianvändning vid materialbehandling vilket medför att materialen i det scenariot kan transporteras längre utan att den totala energianvändningen överstiger energianvändningen i scenario 2. Närmare bestämt skulle varje material skulle kunna transporteras cirka 1 kilometer längre i scenario 1. Då tillgången på materialen ur ett geografiskt perspektiv ser olika ut innebär detta i praktiken att ett visst material kan transporteras en längre sträcka utan att åtgången på energi i scenario 1 blir högre än i scenario 2, förutsatt att de flesta täckningsmassorna finns i närheten av deponin.

9.3.2 Emissioner till luft

Emissionerna till luft berodde, liksom energianvändningen, av den energi som användes vid materialbehandling och transporter. De normaliserade värden som beräknades för emissioner till luft visade att det är utsläpp av kväveoxider och koldioxid som gav störst miljöpåverkan, samt att scenario 2 gav upphov till en större mängd utsläpp än scenario 1. Kväveoxid gav det största bidraget jämfört med hela Sverige medan utsläppen av koldioxid var avsevärt större än kväveoxidemissionerna räknat i ton per år. Även dessa värden är beräknade utifrån en transportsträcka på en kilometer vilket betyder att de kommer att se annorlunda ut om transportssträckan ändras. I figur 17 och 18 visas koldioxidutsläppen till luft från materialbehandlingen respektive transporterna. Figurerna visar att koldioxidutsläppen var lika stora i norra och mellersta Sverige förutom vid transporter i scenario 1, där utsläppen var störst. Detta beror på att ett tjockare skyddsskikt behövdes i norra Sverige till följd av den djupare tjälen och att en större mängd morän därför transporterades i detta fall.

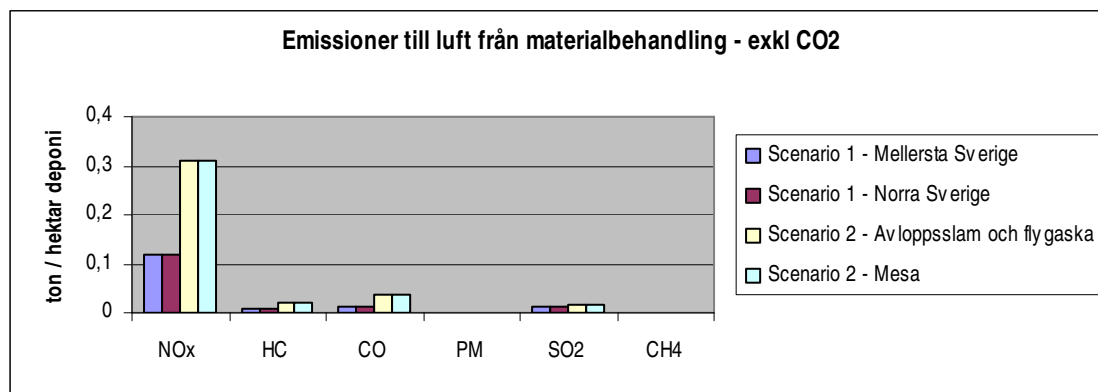


Figur 17. Utsläpp av koldioxid vid materialbehandling.

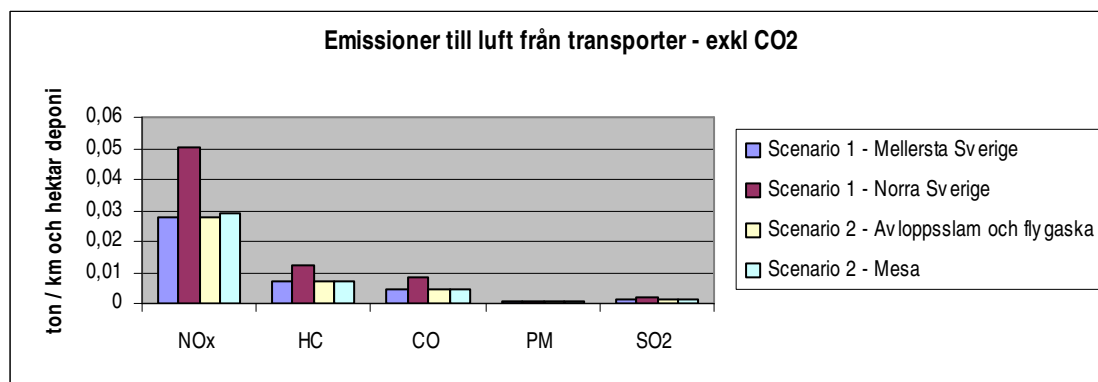


Figur 18. Utsläpp av koldioxid från transporter.

Då koldioxidutsläppen var mycket större än emissionerna av övriga föreningar har en figur skapats där koldioxiden har utelämnats. I figur 19 och 20 syns att utsläppen av svaveldioxid är låga i jämförelse med de övriga föreningarna, men enligt de normaliserade värdena (tabell 26) är de trots detta betydelsefulla. Här syns också att kväveoxiderna, efter koldioxiden, gav de största utsläppen i ton både gällande emissioner från materialbehandling och transporter.



Figur 19. Emissioner från materialbehandling.



Figur 20. Emissioner från transporter.

Då scenario 1 och 2 jämfördes erhöles liknande resultat som för energianvändningen. I scenario 1 blev utsläppen från materialtillverkning mindre än i scenario 2 och en traditionell täckning i norr bidrog mest till utsläppen från transporter. Inom scenario 2 var det ingen större skillnad mellan täckning med mesa och täckning med avloppsslam och aska i tätskikt.

9.3.3 Energianvändning och emissioner till luft utifrån två lokala fall

Att värdena i normaliseringstabellen och resultaten som visades i ovanstående diagram beräknades utifrån antagandet att transporterna var en kilometer långa gjordes för att hålla analysen generell. I verkligheten varierar transportsträckorna beroende på den geografiska spridningen på materialtillgångarna. För att få en uppfattning om hur transportavstånden och därmed även energianvändningen och emissionerna till luft varierar har två exempel använts.

I exemplen har modelldeponierna placerats på samma plats om Annelunds avfallsdeponi i Enköping respektive Kalix avfallsdeponi i Kalix. Utifrån denna placering har sedan transportsträckorna till de närmast liggande materialtäckerna/materialägarerna beräknats. Materialtäckerna för de traditionella materialen såsom morän, krossberg och sand hittades via

SGU:s inventering²¹⁸. Bilder över spridningen på täkterna där naturmaterialen finns kan ses i bilaga 5. Kartbilderna visar att tillgången på naturgrus år 2003 hade en relativt jämn fördelning i landet, med en något övervägande produktion i mellersta och södra Sverige. Produktion av krossberg skedde också över hela landet, förutom i inre Norrland där produktionen var lägre. Avståndet till krossberg och naturgrus har dock i våra exempel antagits vara ungefär lika långa. Moränproduktionen var inte lika jämt spridd i landet. I mellersta Norrland fanns det största antalet moräntäkter, vilket innebär att avståndet till moräntäkterna kan ge utslag i den miljöpåverkan som uppkommer vid sluttäckningen. Därav har transportsträckan för morän varierats i våra två exempel. Förekomsten av materialägare till flygaska och mesa varierade också över landet och hittades via SGI:s inventering av restprodukter²¹⁹. Transporterna av dessa material blev därför olika i våra exempel. Avloppsreningsverk är dock, precis som deponier, lokaliserade till områden där människor bor och storleken på både reningsverken och deponierna beror i någon grad av storleken på populationen. Ett rimligt antagande är därför att tillgången på avloppsslam är jämt fördelade i landet och användningen av slam bör således inte innebära några längre transporter. Information om transportsträckorna till de avloppsreningsverk som ligger närmast modelldeponierna erhöles via Karl-Axel Bergström på Enköpings kommun²²⁰ och Ulf Pilo på Kalix kommun²²¹. Transportsträckorna har sedan generaliserats. Förekomsten av insamlingsstationer för gummidäck är ganska jämnt fördelad över landet men varierar något. Transportavståndet för gummiklipp har hämtats från SVDAB²²². För att få uppgifter om bentonitmattor och geotextiler kontaktades Onni Henriksson som jobbar för Svenska Geosyntetföreningen. Genom honom erhöles information om hur distributionen av geosynteter sker i Sverige och vilka företag som är de största aktörerna på den svenska marknaden. Då de mattor som säljs i Sverige huvudsakligen kommer ifrån det tyska företaget Naue har uppgifterna om bentonitmattor och geotextil som använts i uträkningarna har hämtats på företagets hemsida. Naue:s tillverkning sker huvudsakligen i Polen, i Szczytno²²³. Det är alltså avståndet mellan denna stad och de två modelldeponierna som har beräknats. Transportavstånden som använts redovisas i tabell 25.

Material	Scenario 1 - Annelund	Scenario 1 - Kalix
Morän	8 km	150 km
Sand	8 km	8 km
Geotextil och Betonitmatta	1620 km	2333 km
Krossberg	8 km	8 km
Material	Scenario 2 - Annelund	Scenario 2 - Kalix
Morän	8 km	150 km
Geotextil	1620 km	2333 km
Gummiklipp	150 km	80 km
Mesa	60 km	225 km
Avloppsslam	5 km	5 km
Flygaska	72 km	350 km

Tabell 25. Transportavståndet som respektive material har förflyttats i fallstudien. Avstånden är baserade på det resonemang som har förts i detta avsnitt.

²¹⁸ Berg Å, et al (2003)

²¹⁹ Wik O., et al (2003)

²²⁰ Bergström Karl-Axel, Enköping kommun, telefonsamtal 17/5-05

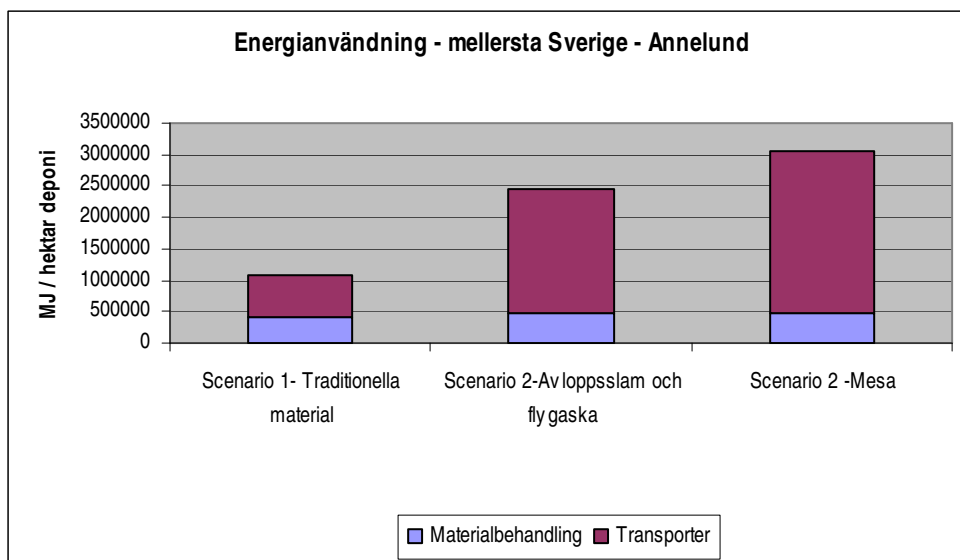
²²¹ Pilo Ulf, VA-renhållning Kalix kommun, telefonsamtal 17/5-05

²²² Åhman Lars, Svensk däckåtervinning AB, telefonsamtal 17/5-05

²²³ Henriksson Onni, telefonsamtal, 21/4-05

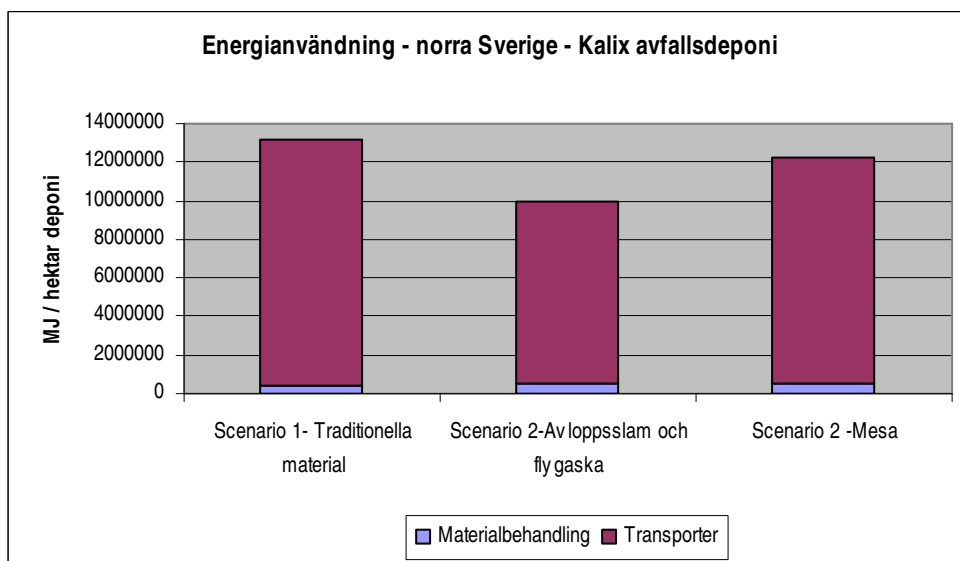
9.3.3.1 Energianvändning

I figur 21 och 22 visas hur stor del av den totala energin som används vid transporter respektive materialbehandling i de olika exemplen. Då transportavstånden beräknades med Annelunds avfallsdeponi som utgångspunkt, blev den totala energianvändningen störst i scenario 2 där täckningen med mesa i tätskiktet gav högst energianvändning. Anledningen till detta är att gummiklipp, mesa och flygaska har långa transportsträckor jämfört med de traditionella materialen.



Figur 21. Energianvändningen från materialbehandling och transporter då deponin antagits vara lokaliserad till Enköping.

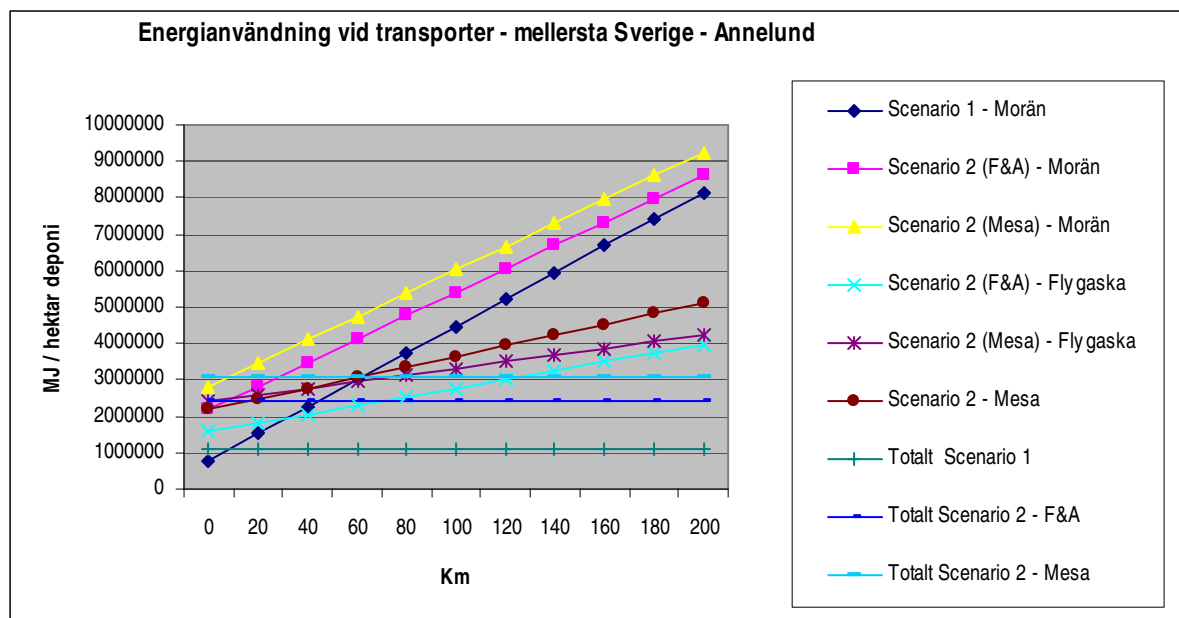
Då transportavstånden i stället beräknades utifrån Kalix avfallsdeponi erhöles den största energianvändningen i scenario 1. I detta fall berodde det på att den traditionella sluttäckningen i norra Sverige innehöll mer morän än i mellersta Sverige och att transportavståndet till närmaste moräntäkt är betydligt längre i norra Sverige jämfört med mellersta Sverige.



Figur 22. Energianvändningen från materialbehandling och transporter då deponin antagits vara lokaliserad till Kalix.

Då avståndet till de potentiella täckningsmaterialen flygaska, mesa och morän varierade i både mellersta och norra Sverige utfördes en känslighetsanalys, figur 23, för energianvändningen vid olika transportsträckor för dessa material. I analysen har den förändring i energianvändning som olika transportsträckor ger upphov till, jämförts med det scenario som har störst energianvändning. I enlighet med figur 21, som visar energianvändningen då deponin är placerad i Enköping, är det scenario 2 med mesa i tätskiktet som har den största energianvändningen. Känslighetsanalysen av transportavstånden i mellersta Sverige visade att den morän, som behövdes för täckningen av modelldeponierna i scenario 2, kunde transporteras cirka 10 kilometer för täckningen med mesa i tätskikt och cirka 30 kilometer för täckningen med aska och slam i tätskikt, innan den totala energianvändningen översteg den totala energianvändningen för scenario 2 med mesa i tätskikt. I scenario 1 kunde morän transporteras cirka 60 kilometer innan den totala energianvändningen för täckningen med mesa överskreds. De slutsatser som kan dras av detta är att transportavståndet för morän påverkade energianvändningen mest jämfört med de andra materialen som undersöktes. Detta berodde, liksom vid beräkningen av transportkostnaderna, bland annat på att morän har en hög densitet innebär att fler lastbilar gick åt för att frakta morän då lastbilarnas fulla lastvolym utnyttjades. Trots att morän kunde transporteras längre i scenario 1, har linjen som beskriver energianvändningen vid dessa transporter störst lutning vilket alltså betyder att förändringar av transportavståndet påverkar energianvändningen mest i detta fall.

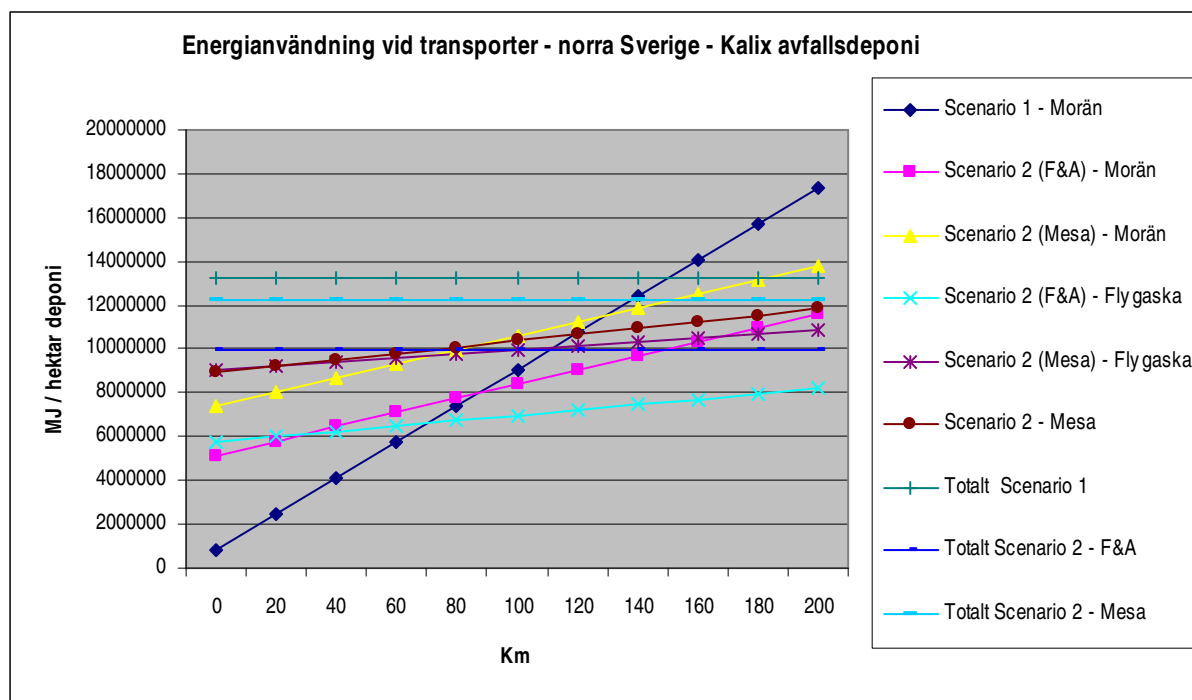
Mesa och flygaska i scenario 2 med mesa i tätskiktet kunde vidare transporteras 60 kilometer innan den totala energianvändningen överträffade den totala energianvändningen i scenario 2. Flygaska i scenario 2 med aska och slam i tätskikt kunde transporteras längst, det vill säga cirka 120 kilometer.



Figur 23. Känslighetsanalys, visar hur energianvändningen varierar med transportavståndet. Exemplet Annelunds avfallsdeponi.

Då den totala energianvändningen för Kalix avfallsdeponi beräknades i de olika scenarierna, framkom enligt figur 22 att scenario 1 gav upphov till den högsta totala energianvändningen. Känslighetsanalysen, som syns i figur 24, visade även här att energianvändningen påverkades mest vid förändringar av transportavståndet för morän. Morän i scenario 1 kunde

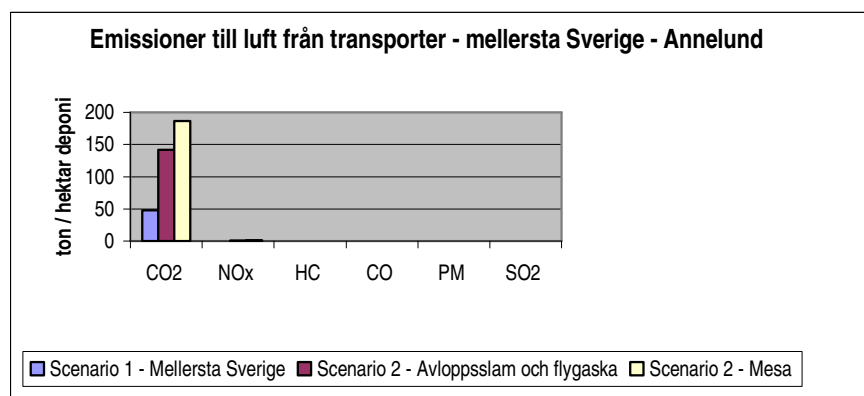
transporteras 150 kilometer innan energianvändningen började överskrida den totala energianvändningen för scenario 1. Morän i scenario 2 med mesa i tätskiktet kunde transporteras cirka 180 kilometer och morän i täckningen med aska och slam ännu längre, innan energianvändningen för scenario 1 överskreds.



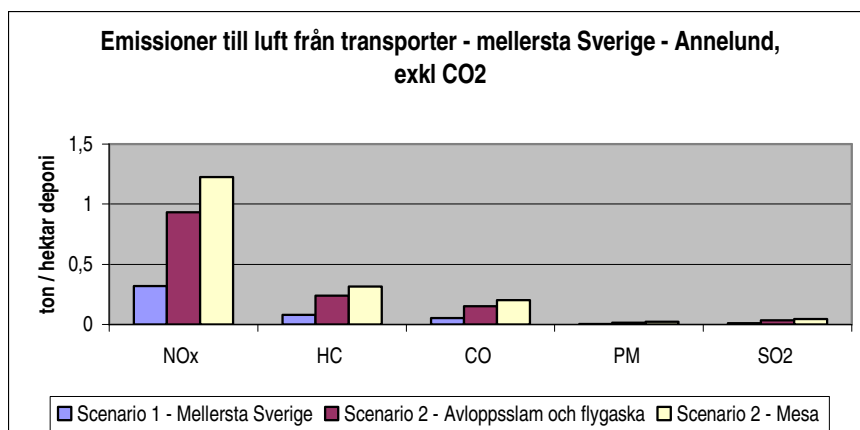
Figur 24. Känslighetsanalys, visar hur energianvändningen varierar med transportavståndet. Exemplet Kalix avfallsdeponi.

9.3.3.2 Emissioner till luft

Emissionerna till luft följer samma mönster som energianvändningen. Då emissionerna till luft beräknades utifrån modelldeponin som placerades i Enköping gav täckningarna i Scenario 2 upphov till störst mängd emissioner, vilket syns i figur 25 och 26. Detta resultat skiljer sig alltså från resultatet som erhöles då transportsträckan för alla material var 1 kilometer, där scenario 1 dominerade utsläppen på transportsidan.

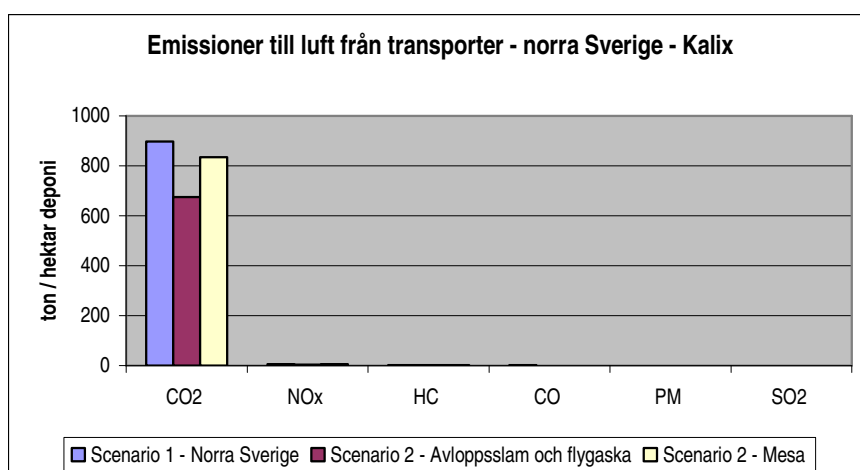


Figur 25. Emissioner till luft från transporter. Exemplet Annelund.

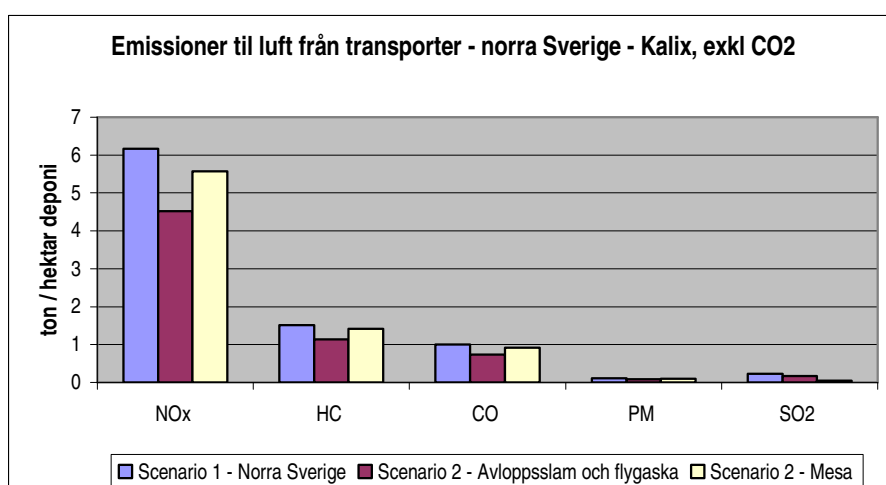


Figur 26. Emissioner till luft från transporter. Exemplet Annelund.

För modelldeponin som placerades i Kalix var emissionerna till luft störst i scenario 1 medan täckningen med mesa i tätskikt gav ett något lägre resultat, vilket syns i figur 27 och figur 28.



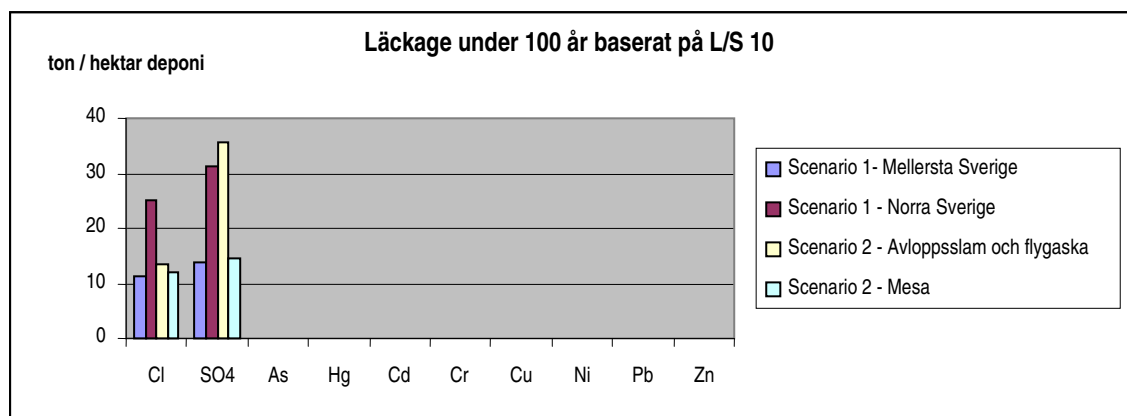
Figur 27. Emissioner till luft från transporter. Exemplet Kalix.



Figur 28. Emissioner till luft från transporter. Exemplet Kalix.

9.3.4 Emissioner till vatten

Emissioner till vatten sker via utlakning av metaller i sluttäckningen och enligt normaliseringen har lakningen stort inflytande i undersökningen. I figur 29 och 30 redovisas utlakningen i ton vid de olika scenarierna. Då lakningen av klor och sulfat har mycket högre värden än övriga ämnen redovisas dessa separat. Figur 29 visar att den traditionella täckningen i norr samt den icke-traditionella täckningen med tätskikt av slam och aska dominerade dessa utsläpp.

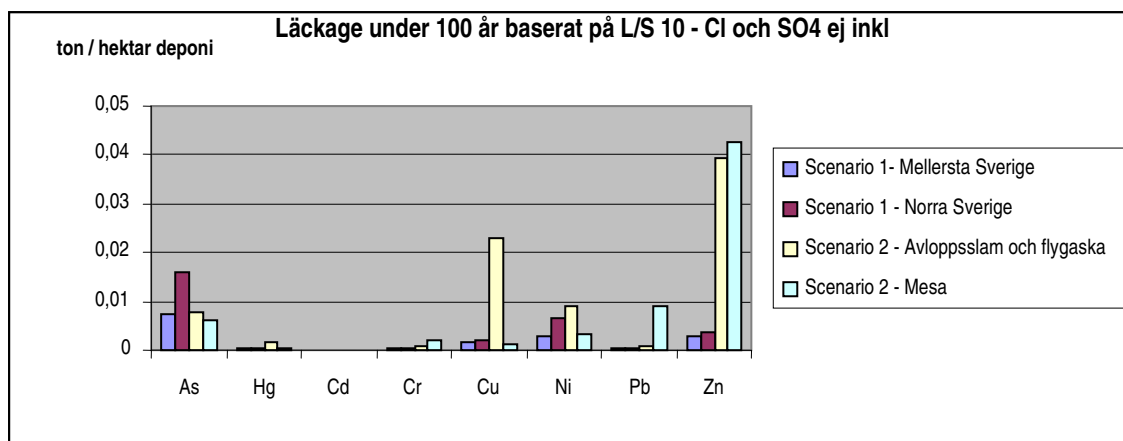


Figur 29. Läckaget från en deponitäckning för scenario 1 och 2 i mellersta och norra Sverige.

I Figur 30 visas utlakningen av de metaller som studerats, förutom klor och sulfat, där koppar och zink dominerar utsläppen.. Enligt normaliseringen gav dock lakningen av kvicksilver störst utslag. Den täckning som stod för de största, normaliserade kvicksilverutsläppen var den icke-traditionella täckningen med slam och aska i tätskiktet. Att denna täckning gav så stort utslag kan bero på att totalhalten för kvicksilver användes, i brist på annan data, då lakdata med L/S kvot 10 för blandningen av slam och aska sammanställdes. Att använda totalhalten för L/S 10 är inte riktigt rättvisande då detta skulle innebära att allt kvicksilver som finns i materialet lakat ut vid denna L/S kvot, något som antagligen inte är fallet i verkligheten. Även den traditionella täckningen i norra Sverige uppvisade ett högt normaliserat värde för kvicksilver. Att denna halt är högre i norr än i den traditionella täckningen i mellersta Sverige kan endast bero på att mer morän åtgick till täckningen, något som medförde den större utlakningen av ämnet.

Vid normaliseringen visade det sig även att nickel fick genomgående höga värden. I scenario 1 fick den traditionella täckningen i norr ett högre värde för nickel än i mellersta Sverige vilket även här berodde på att mer morän användes i norr. I scenario 2 har den högsta nickelhalten i täckningen med slam och aska i tätskikt erhållits.

Andra normaliserade värden som utmärkte sig var kopparhalten hos tätskiktet med slam och aska, samt kromhalten hos täckningen med mesa i tätskikt. Att kopparhalten i blandningen av slam och aska är hög beror på att totalhalten av koppar i slam är förhållandevis hög. Nämnas bör dock att tiden för att nå L/S 10 var 142 år, som redogjordes för i tabell 22, vilket innebär att det tar lång tid för täckningslösningen att uppnå de använda värdena. Likaså är tiden för mesa i scenario 2 att nå L/S 10 134 år.

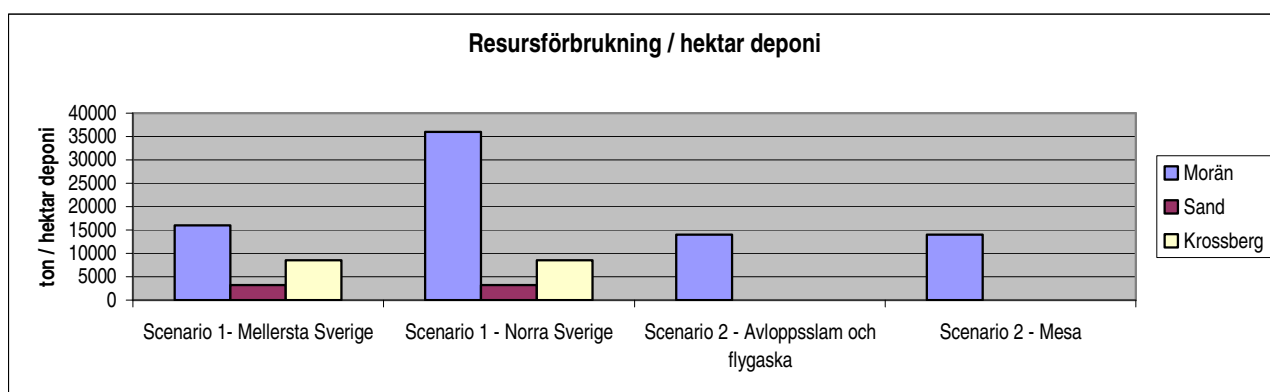


Figur 30. Läckaget från en deponitäckning för scenario 1 och 2 i mellersta och norra Sverige.

Sammanfattningsvis var det scenario 1 med placering i mellersta Sverige som gav den lägsta totala utlakningen, medan scenario 2 där flygaska och avloppsslam har använts i tätsikt gav störst utlakning totalt.

9.3.5 Uttag av naturresurser

I normaliseringen gav uttag av naturresurser för sluttäckning stort utslag. Främst användningen av morän, men även användningen av krossberg och sand gav relativt stora värden jämfört med andra flöden. I scenario 1 var uttaget av naturresurser större för alla material jämfört med scenario 2. Detta berodde dels på att det behövdes mer morän i de traditionella täckningarna jämfört med de icke-traditionella och dels på att krossberg och sand inte användes alls vid icke-traditionell täckning. I figur 31 syns det hur resursförbrukningen varierade beroende på om traditionella eller icke-traditionella material användes i sluttäckningen.



Figur 31. Resursförbrukningen för respektive scenario i mellersta och norra Sverige.

Den sand som användes vid de traditionella täckningarna kom från täktverksamhet och skyddas därmed av miljömålet God bebyggd miljö och specifikt av delmålet uttag av naturgrus som redogjordes för i avsnitt 3.3.1. Då miljömålet syftar till att minska användningen av naturgrus, bidrar scenario 1 till en större negativ miljöpåverkan jämfört med scenario 2 i detta fall. Uttag och användning av morän skulle eventuellt kunna anses negativt ur miljömålssynpunkt beroende på varifrån moränen kommer. Om moränen enbart grävs upp för att täcka en deponi skulle detta kunna anses stå i konflikt med miljömålet God bebyggd

miljö som även innehåller ett delmål som syftar till att främja ökad återvinning av material. Om moränmassor istället uppkommit vid exempelvis anläggningen av en väg eller annat byggande och sedan används till deponitäckning blir ju moränen på sätt och vis återvunnen. Morän är heller ingen bristvara och det är därför tveksamt att hävda att uttag av morän har negativ miljöpåverkan i dagens läge. Det som ger upphov till negativ miljöpåverkan vid användning av krossberg är att det går åt energi för att bryta och krossa berget vilket i sin tur ger upphov till emissioner. Gällande krossberg kan dock ett liknande resonemang föras som vid nyttjandet av morän. Likaså här kan det vara befogat att använda bergkross om det redan uppkommit från annan verksamhet men kanske inte i lika hög grad om det sprängs och krossas enbart för deponitäckning.

9.4 Resultat – jämförelse mellan scenario 1 och 2

I första delen av miljöpåverkansbedömningen var transportsträckorna en kilometer. Därför kunde inte miljöeffekterna från materialbehandling och transporter jämföras med varandra. Resultaten visade dock att scenario 2 hade en högre energianvändning vid materialbehandling medan scenario 1 i norra Sverige gav de största utsläppen vid transporter. Emissionerna till luft följer energianvändningen, så även där erhöles samma resultat. Materialen som ingår i en icke-traditionell lösning finns dock inte alltid tillgängliga i hela landet i samma utsträckning som de traditionella materialen, något som visades då modelldeponierna placerades i Enköping respektive Kalix.

När transportsträckorna ändrades från 1 kilometer till mer realistiska avstånd visades att materialtransporterna har större betydelse än materialbehandlingen för energianvändningen och emissioner till luft. Då typexemplet Annelunds avfallsdeponi undersöktes gav scenario 2 den största energianvändningen och då främst täckningen med mesa i tätskikt. När modelldeponin istället placerades vid Kalix avfallsdeponi gav istället scenario 1 upphov till den högsta energianvändningen följt av den icke-traditionella täckningen med mesa i tätskikt. Känslighetsanalysen av transporternas påverkan på energianvändningen visade att transporterna av morän påverkade energianvändningen mest i samtliga scenarier. Emissionerna till luft följer naturligtvis även här samma mönster som energianvändningen och ger därför samma resultat.

Lakning visade sig ha stor inverkan i jämförelse med de nationella värdena vid normaliseringen och generellt kan sägas att sluttäckningen med flygaska och avloppsslam gav de högsta normaliserade värdena, medan lakningen från de övriga täckningarna inte skiljde sig så markant åt. Uttag av naturresurser visade sig också ha stor betydelse vid normaliseringen och scenario 1 dominerade uttagen.

När respektive sluttäckningsmaterial bedöms är det slutligen viktigt att ha i åtanke att restprodukter uppkommer oavsett om de har något ytterligare användningsområde eller inte. Detta gör att scenario 1, det vill säga sluttäckning med traditionella material, kommer att leda till att restprodukterna måste tas omhand på något annat sätt, något som också kommer att innebära en påverkan på miljön.

10 Diskussion och slutsatser

Första prioritet i EU:s avfallshierarki är att försöka minska uppkomsten av avfall. En minskning av mängden avfall leder naturligtvis också till att deponeringsbehovet minskar. Sverige har i och med deponiförordningen agerat i detta ärende. För att beslut som påverkar många och leder till relativt stora förändringar ska få det resultat som önskas, i detta fall minskad negativ miljöpåverkan, är det viktigt att ett brett perspektiv antas. Detta så att en ”miljövinst” på ett plan inte tas ut av en ”miljöförlust” på ett annat plan. Deponiförordningens

krav leder till exempel till att läckagen från deponier kommer att minska. Samtidigt kommer uttagen av naturresurser och emissioner från energianvändning, vid bland annat transporter, att ge upphov till onödigt stor miljöpåverkan, om inte sluttäkningsarbetet planeras på ett bra sätt.

Att kontakten mellan naturvårdsverket, tillstånds- och tillsynsmyndigheter och deponiägaren fungerar på ett bra sätt menar vi är viktigt för att sluttäkningsarbetet, i alla fall på länsnivå, ska fungera bra. Idag verkar dock inte detta alltid vara fallet. Utifrån de uppgifter vi samlat in framkom att av de deponier som länsstyrelsen har tillsynen över, och där kontaktpersonen angivit att sluttäkningsarbetet ska påbörjas innan år 2010, har inget beslut över godkännande eller avslag på avslutnings- och anpassningsplanen fattats i 60 procent av ärendena. Detta kan till stor del antas bero på problem som visat sig uppkomma vid handlägningsprocessen. Naturvårdsverket å sin sida befarade till exempel att de i sina allmänna råd, som ska fungera som beslutsunderlag till tillsynsmyndigheterna, inte var tillräckligt konkreta. Något som också stämmer överens med den information som har framkommit vid kontakt med länsstyrelserna. Vissa länsstyrelser uttryckte att de ibland stött på problem på grund av ovetskapen om hur och när de inlämnade planerna ska bedömas. Även deponiägarna har uttryckt ett visst missnöje med hanteringen av avslutnings- och anpassningsplaner. Vid flera av de samtal vi haft har det framkommit att deponiägaren lämnat in en plan, men sedan inte fått någon respons. De befinner sig då i en situation där de både är ovissa om när ett beslut ska tas och vad utfallet från detta kommer att bli. Hur stor efterfrågan på täckningsmaterial kommer att bli beror alltså till stor del på hur kommunikationen, dels mellan de instanser som handlägger deponiärenden och dels mellan dessa och deponiägaren, fungerar. Stödjande åtgärder för att underlätta denna kommunikation skulle därför behövas.

Något som ändå med säkerhet kan konstateras är att många fler deponier än vad som hittills sluttäckts per år kommer att sluttäckas fram till år 2010. Uppskattningar över hur åtgången på de så kallade traditionella materialen ser ut har gjorts på årsbasis. I dessa framgår att de totala leveranserna av ballastmaterial är avsevärt större än vad efterfrågan på sluttäkningsmaterial kommer att vara. I vår undersökning framgår att 11,4 miljoner ton material kommer att behövas på årsbasis för sluttäckning mellan år 2005 och 2010, vilket utgör 16% av de totala leveranserna av ballast från tillståndsgivna täkter. Detta betyder dock inte att en ökad efterfrågan på täckningsmaterial inte kommer att skapa problem då de massor som produceras huvudsakligen används för andra anläggningsändamål och därmed inte är "lediga". Hur stor del av dessa material som kan frigöras för att användas till deponitäckning har vi ingen uppfattning om. Vissa län kommer antagligen inte att märka av det ökade materialbehovet medan andra län, där antingen ett stort antal deponier ska sluttäckas eller där det idag genereras små mängder ballastmaterial kommer att få problem. Icke-traditionella material genereras i dag med cirka 43 miljoner ton per år från industriell och kommunal verksamhet. Av dessa massor utgör huvuddelen gråberg, cirka 37 miljoner ton, som genereras i norra Sverige. Förmodat långa transportavstånd (lastbil) gör troligen att dessa material inte är konkurrenskraftiga ekonomiskt. Den resterande volymen av restmaterial, cirka 5 miljoner ton/år är därvid av samma storleksordning som behovet av täckningsmaterial. Hur stor del av dessa som är direkt lämpliga att använda som täckningsmaterial är svårt att säga, men helt klart är att det finns en stor mängd material som det bör kunna finnas avsättning för. Detta skulle då både bidra till ökad återanvändning och ett minskat uttag av naturresurser.

Det billigaste sluttäkningsalternativet för deponiägare visade sig, vid olika transportavstånd för respektive material, vara en sluttäckning med mesa i tätskiktet. Täckningen med flygaska och avloppsslam var också, då transportavståndet var längre än 40 kilometer, ett ekonomiskt fördelaktigt alternativ i jämförelse med en täckning med traditionella material i mellersta Sverige. En traditionell täckning i norra Sverige ger de högsta kostnaderna. Detta beror främst på att materialåtgången är större i norra Sverige är

större då mäktigheten hos sluttäckningen måste ökas. Det är dock viktigt att ha i åtanke att alla ingående material i täckningarna antogs ligga på samma avstånd från deponin vilket inte brukar vara fallet i verkligheten. Det som är intressant att lyfta fram och som är till fördel för deponiägare då restprodukter används till sluttäckningen, är att materialägare ibland står för vissa sluttäckningskostnader. Detta då materialägares alternativkostnad, i detta fall deponering, är så stor att det lönar sig att stå för en del av kostnaderna vid sluttäckning. Kalkylen visade också att även om materialägare står för transportkostnaderna då restprodukter används, kan även denne göra en ekonomisk vinst. Det visade sig nämligen dyrare att driva en egen deponi och betala deponiskatt än att transportera massorna relativt långa sträckor för alternativ avsättning. I vår undersökning visade sig dessa transportavstånd vara cirka 40 mil för flygaska och 65 mil för mesa, det vill säga signifikanta avstånd. Sammanfattningsvis skulle det, både för deponi- och materialägare, kunna bli en lönsam affär att undersöka huruvida det finns möjlighet att använda restprodukter som sluttäckningsmaterial. Kostnadsbilden kommer dock naturligtvis att ändras med tiden och lokala variationer kommer att uppstå då tillgång, efterfrågan, transportavstånd med mera kommer att skilja sig åt.

Då den miljöpåverkan som traditionella respektive icke-traditionella material ger upphov till jämfördes, framgick att de icke-traditionella materialen bidrar till större energianvändning och en större mängd emissioner till luft vid behandling av materialen än de traditionella täckningarna. Utifrån de fallstudier som utförts i norra och mellersta Sverige är det dock troligare att materialtransporterna ger det största bidraget till energianvändning och utsläpp till luften. Då transportavståndets inverkan på energianvändningen undersöktes, blev resultatet att transporter av morän för både traditionella täckningar och icke-traditionella täckningar hade stor inverkan på resultatet. Om en deponi är förlagd till mellersta Sverige kan morän i en traditionell täckning transporteras 50 kilometer innan energianvändningen blir högre än för en täckning med flygaska och avloppsslam. I norra Sverige kunde morän i scenario 1 transportera 110 kilometer innan energianvändningen översteg den totala energianvändningen i scenario 2 med flygaska och avloppsslam. Detta beror på att den totala energiförbrukningen för materialbehandling och transporter, med de i exemplet angivna avstånden, är lägre för en traditionell täckning än för en täckning med restprodukter. Anledningen till att transporter av morän är så energikrävande beror på att densiteten hos materialet är så hög att en lastbil med maxvikt på 40 ton inte kan fyllas och därmed behöver fler lastbilar användas. Ju längre transportsträckan är desto mer försumbar blir energianvändningen vid materialbehandling.

Utlakning av metaller ger upphov till miljöpåverkan, främst vid sluttäckning med slam och aska i tätskikt. Det är dock svårt att dra några generella slutsatser om enskilda materials miljöpåverkan enbart via försök i laboratorier. Fältundersökningar där hela konstruktionen testas och där även hänsyn tas till känsligheten hos den omkringliggande miljön är mycket mer rättvisande. Ju mer forskning som genomförs inom detta område, desto mer intressant blir det antagligen för beslutsfattare att undersöka den potential som finns hos dessa material.

Uttag av naturresurser visade sig också vara en viktig miljöpåverkansfaktor ur ett nationellt perspektiv. Här har täckning med restprodukter en stor fördel jämfört med traditionella täckningar då restprodukter uppkommer i vilket fall som helst och kan ersätta naturligt förekommande material. Huruvida traditionella täckningar medför ökade uttag av naturresurser beror dock på var de massor som används för denna typ av täckning kommer ifrån. I dag finns inget system för att uppskatta hur stor den mängd massor är som uppkommer genom olika typer av anläggningsbyggnadsprojekt som till exempel anläggningar av vägar. En tanke som har slagit oss under arbetets gång är att det vore bra om tidpunkten för sluttäckningen av en deponi sammanföll med tidpunkten för ett projekt där traditionella täckmassor uppkommer. Om detta ska vara möjligt krävs dock att någon har en god överblick

över båda dessa områden. Kanske skulle man göra det möjligt för dem som arbetar med anläggningsbyggande att på ett enkelt sätt få tillgång till information om när de deponier som finns i närheten ska sluttäckas. Viktigt att beakta när dessa resultat värderas är dock att vi i scenario 1 vid sluttäckning med traditionella material inte har tagit hänsyn till den miljöpåverkan som uppkommer när de restprodukter, som alltså i detta fall inte används till sluttäckningar, deponeras eller tas omhand på ett alternativt sätt. Om miljöpåverkan från dessa processer skulle beaktas skulle miljöpåverkan i scenario 1 öka.

För att minska den negativa miljöpåverkan som sluttäckning medför anser vi att man bör inventera efter potentiella täckningsmaterial i närheten av den deponi som ska täckas så att transportavstånden blir så korta som möjligt. För att restprodukter ska kunna ingå i inventeringen är det dock viktigt att gemensamma riktlinjer för att värdera den miljöpåverkan som olika material ger upphov till finns. Idag pågår olika projekt som syftar till att skapa generella metoder för hur karaktäriseringar av tekniska egenskaper och miljöegenskaper hos material ska utföras och hur riskerna ska bedömas.

Då vissa län kan komma att få brist på täckningsmaterial under de närmaste åren, kan en konkurrenssituation om de täckningsmaterial som finns i närheten komma att uppstå. Ett sätt att lösa detta problem och att reducera energianvändningen samt emissionerna till luften kan vara att sluttäckningen inom ett län planeras och utförs under en längre tidsperiod så att de material som finns räcker för alla de deponier som ska täckas. Man bör då ta ställning till om en långsam täckning bidrar till en större negativ miljöpåverkan än längre transporter.

I denna studie har vi inte vägt miljö och ekonomi mot varandra trots att det i dag finns metoder som kan användas för detta. Att göra en bedömning av det bästa sättet att sluttäcka landets deponier kommer att lämnas till beslutsfattare. Vi har istället visat på de flöden som är viktiga att beakta när ett beslut ska fattas och fört en diskussion om hur våra resultat skulle kunna underlätta bedömningen av hur sluttäckningen av Sveriges avfallsdeponier kan ske. För att exempelvis Naturvårdsverket, länsstyrelser och andra beslutsfattare lättare ska kunna fatta policybeslut och beslut i enskilda ärenden anser vi att forskning och vidare arbete behövs inom en rad områden.

11 Vidare arbeten

- För att underlätta kommunikationen mellan deponiägare och de instanser som bedömer miljöpåverkan samt avslutnings- och anpassningsplaner skulle ytterligare vägar för kunskapsspridning kunna utarbetas, exempelvis genom en handbok, seminarieserier med mera.
- I dag finns inget systematiskt sätt att få tillgång till information om var och när olika anläggningsarbeten ska ske där överskottsmaterial uppkommer som potentiellt skulle kunna användas för deponitäckning. Att utreda behovet av och eventuellt utveckla ett dylikt system skulle kunna vara mycket lönsamt för både deponiägare som vill täcka sina deponier och entreprenörer som vill avsätta överskottsmassor.
- I vårt arbete har vi inte vägt ekonomi och miljö mot varandra trots att det finns metoder som kan användas för detta. En viktning mellan miljö och ekonomi skulle ytterligare kunna förenkla de beslut som måste tas gällande hur deponitäckningen i Sverige bör gå till på bästa sätt.
- För att få en mer rättvisande bild av den miljöpåverkan som de olika scenarierna gav upphov till skulle det vara intressant att bredda systemgränserna och titta på den miljöpåverkan som uppkommer om restprodukterna inte används till en deponitäckning utan istället tas omhand på ett alternativt sätt som till exempel att gummiklipp förbränns, slam blir till jord etcetera.
- Användningen av restprodukter kommer antagligen att bli mer accepterad ju fler material som testas i både fältförsök och via laborationer och ju mer kunskap som erhålls om de icke-traditionella materialen. Vidare arbete med att standardisera metoderna för att mäta miljöpåverkan från både traditionella material och restprodukter är viktigt för att kunna jämföra materialen med varandra miljömässigt. I dag saknas dock tillräckligt med kunskap om de traditionella, naturligt förekommande materialens miljömässiga egenskaper för att kunna jämföra olika restprodukter med dessa material med avseende på miljöpåverkan. Ytterligare karaktärisering och testning av traditionella täckningsmaterial är därför önskvärt i framtiden.
- Vidare forskning skulle kunna bedrivas med syftet att undersöka huruvida en långsam täckning bidrar till en större negativ miljöpåverkan än långa transporter som krävs på grund av materialbrist eller resursfördelningsproblem inom olika regioner.

12 Referenser

Litteratur och Rapporter

Arnbom J.O., Persson M. (2003) *God bebyggd miljö fallstudie av ballastanvändning*. Sveriges geologiska undersökning. Projektnr: 30008

Avén S., Stål T., Wedel P. (1984) *Handboken Bygg Geoteknik*. LiberFörlag, Stockholm

Benediktson G., et al (2005) *Sweden's National Inventory Report 2005 - Submitted under the United Nations Framework Convention on Climate Change*. Naturvårdsverket

Berg Å, et al. (2003) *Grus, sand och krossberg. Produktion och tillgångar 2003*. Sveriges geologiska undersökning. ISSN 0283-2038

Boverket (2003) *Fördjupad utvärdering av miljömålsarbetet. God bebyggd miljö*. Boverket (2003), ISBN: 91-7147-727-1, Diariennr 2081-2531/2002

Boverket (2003) *Fördjupad utvärdering av miljömålsarbetet. God bebyggd miljö*. Boverket (2003), ISBN: 91-7147-727-1, Diariennr 2081-2531/2002

Centeno Lo'pez E., (2004) *Energiläget 2004*. Statens Energimyndighet, ET17:2004, Eskilstuna.

Edeskär T., (2004) *Gummiklipp som konstruktionsmaterial i mark- och anläggningstekniska tillämpningar*. Luleå tekniska universitet. ISSN:1402-1727

Edeskär T., Svedberg B., (2004) *Alternativa material – en sort(s) guld?. I Grundläggningdagen 2004: 25 årsjubileum*, Svenska Geotekniska Föreningen. 4 mars (2004), Stockholm, s.44-61

Ek M., Westling O. (2003) *Dagsläget beträffande skogsindustrins avfall*. IVL Rapportnr: B1482

Ekvall, A. (2005) *Bestämning av lakegenskaper med skaktest enligt SS-EN 12457-3*. 2005-01-13, Sveriges Provtagningsinstitut, Rapportnr:P400838-01:B

Eliasson S., Sandqvist E. (2000). *Återanvändning av restprodukter inom mark- och anläggningsområdet*. Examensarbete, Chamlers tekniska högskola

Esko D., Grånäs K. (2000) *Lagen om skatt på naturgrus (SFS 1995:1667) omfattar inte morän*. SGU, Uppsala.

Fredriksson G., et al (2002) *Ett ekologiskt hållbart omhändertagande av avfall*. Naturvårdsverket (2002) Rapportnr 5177, ISSN: 0282-7298

Gustavsson L., Lanshammar H., Sandblad B. (2000) *System och modell. En introduktion till systemanalysen*. Studentlitteratur, Lund

Handbok (2004:2) *Deponering av avfall*. med allmänna råd till förordningen (2001:512) om deponering av avfall och till kap. 34 § miljöbalken (1998:808)

Hartlén J., et al (2001) *Kvalitetssäkring av slaggrus från förbränning av avfall*. RVF. Rapport nr.02:10, ISSN: 1103:4092

Johansson K., et al (2003) *Marknadsstudie. Materialåtgång vid anpassning/avslutning av deponier*. NCC teknik på uppdrag av MinBas. Uppdragsnummer 7024226

Järnbäcker E., et al (2003) *Begränsad klimatpåverkan, underlagsrapport för fördjupad utvärdering av miljömålsarbetet*. Naturvårdsverket, Rapportnr: 5316

Kemikalieinspektionen (2003) *HA oils in automotive tyres – prospects of national ban*. Kemikalieinspektionen på uppdrag av regeringen, Stockholm.

Kälvesten, E. (1996) *Miljömässig kartering av vägbyggnadsmaterial*. Examensarbete, SGI, 1-9601-026

Kärrman E., et al (2005b) *Miljösystemanalys för användning av restmaterial- Regionalt perspektiv på askor i anläggningsbyggande*. Värmeforsk Service AB, Stockholm, Projektnr: Q-248. Slutrapport (manus)

Kärrman E., Jönsson H. (2001) *Normalising impacts in an environmental systems analysis of wastewater systems*. Water Science and Technology, Vol 43, nr 5pp 293-300 (2001)

Lundgren T. (1995) *Sluttäckning av avfallsupplag, Krav, material, utförande och kontroll*. Naturvårdsverket, Stockholm. Rapportnr: 4474

Mácsik J. (2004) *Karaktärisering av deponi-, flyg- och bottenaskor – HEMAB, Ålandstippen*. Ecooop.

Mácsik J., et al (2004) *Flygaska i geotekniska anläggningar. Etapp 1 Inventering/Tillämplighet*. Värmeforsk service AB. Projektnummer Q4-107.

Mácsik J., Maurice C., Mossakowska A. (2005) *1 Pilotförsök med flygkastabiliserat avloppsslam (FSA) som tätskikt*. Värmeforsk Service AB, ISSN: 0282-3772 Delrapport 2005 (manus, godkänns i 050901).

Mácsik J., Rogbeck Y., Svedberg B., Uhlander U., Mossakowska A. (2003) *Linermaterial med aska och rötslam – Underlag för genomförande av pilotförsök med stabilisering av avloppsslam som tätskiktmaterial*. Värmeforsk Service AB, ISSN: 0282-3772

Mácsik J., Svedberg B., Maurice C. (2005) *Sluttäckning med biologiskt nedbrytbart material*. Bygg & Teknik nr.1 (2005), s 63-64

Mácsik J., Svedberg B., Wilhelmsson A. (2004) *Alternativa tätskiktmaterial-kostnadseffektiva lösningar*. Bygg & Teknik nr.1 (2004)

Magnusson Y. (2005) *Environmental Systems Analysis of utilisation for bottom ash in ground constructions*. Examensarbete, Institutionen för industriell ekologi, Kungliga Tekniska Högskolan, Stockholm.

Mattsson B. (1972) *Samhällsekonomiska kalkyler*. Universitetsförlagen, Stockholm

Mizgalewicz M., et al (2001) *Slam i mark och anläggningsbyggande. Avvattnat vattenverks- och avloppsslam*. Scandiaconsult Sverige AB på uppdrag av Stockholm Vatten.

Moberg Å., et al (1999) *Miljösystemanalytiska verktyg – en introduktion med koppling till beslutssituationer*. Forskningsgruppen för miljöstrategiska studier på uppdrag av Naturvårdsverket. Rapportnr: 251

Mroueh UM., et al (2001) *Life-cycle impacts of the use of industrial by-products in road and earth construction*, Waste Management 21.

Mäkele H., Höynälä H. (2000) *By products and recycled materials in earth structures. Materials and applications*. National technology agency. Technology review 92.

Naturvårdsverket (2002) *Ett ekologiskt hållbart omhändertagande av avfall*. Naturvårdsverket. Rapportnr: 5177

Naturvårdsverket (2002) *Sammanställning av laktester för oorganiska material*. Naturvårdsverket, Stockholm. Rapportnr: 5207, ISBN: 91-620-5207-1

Naturvårdsverket (2003) *Utvärdering av genomförandet av deponeringsdirektivet*. Naturvårdsverket, Diariernr: 641-592-02

Peterson A., (2004) *Miljösystemanalys för alternativa lättfyllnadsmaterial i vägar*. Examensarbete utfört vid industriellt miljöskydd, KTH.

Peterson Å., Borell M. (2004) *Boliden Järnsand – En kunskapssammanställning*. Boliden Mineral AB. Rapportnr: PM 0088e

Pettersson R., Rogbeck J., Suér P. (2004) *Pannsand som kringfyllnadsmaterial för fjärrvärmerörgravar. Kemisk och geoteknisk karaktärisering av fluidbäddssand*. Värmeforsk Service AB. Rapportnr Q4-220 och ISSN: 0282-3772

Pousette K., Mácsik J. (2000) *Slutrapport -Material- och miljöteknisk undersökning av grönlutsslam, mesa, kalkgrus, flyg- och bottenaska från AssiDomäns fem svenska bruk*. Luleå tekniska universitet, Institutionen för väg- och vattenbyggnad.

Rihm T., et al (2002) *Drift vid deponerings anläggningar. Återvinning, förbehandling och deponering*. Svenska renhållningsverksföreningen

RVF Utveckling (2001) *Försök med tätning och täckning av avfallsupplag genom användning av fiberslam, gjuterisand, slaggranulat och slaggrus*. RVF Malmö. Rapportnr: 01:7, ISSN: 1404-4471

Rydh C-J., Linddahl M., Tingström J. (2002) *Livscykelanalys – en metod för miljöbedömningar av produkter och tjänster*. Studenlitteratur, Lund (2002)

SFS (1999) *Lag om skatt på avfall*. SFS 1999:673

SFS (2001) Förordningen om deponering av avfall. SFS 2001:512

SGI (2003) *Sammanställning av laboratorieundersökningar - Lakförsök på härdad kolflygaska och torvflygaska*. Utfört på uppdrag av Vattenfall värme Uppsala AB. Projektnr: 11682, Diariernr: 2-0306-0383. Undersökningen registrerades 16/6-03

SGU (1999) *Miljö kvalitetsmål 2. Grundvatten av god kvalitet*. Sveriges geologiska undersökningar (1999) ISBN: 91-7158-618-0

Sjölander Södergren K., (2003) *Miljöpåverkan från överskottssand*. Examensarbete vid KTH Smältverket i Rönnskär PM (2004) *Användarhandvisning för Boliden järnsand*. Boliden Mineral AB.

Smältverket i Rönnskär PM (2004) *Användarhänvisning för Boliden järnsand*. Boliden Mineral AB.

Statistiska meddelanden (2004) *Utsläpp till vatten och slamproduktion 2002. Kommunala reningsverk, skogsindustrin samt övrig kustindustri*. Statistiska centralbyrån (2004) ISSN: 1403-8978

Strippel H., (1995) *Livscykelanalys av väg, En modellstudie för inventering*. IVL Svenska miljöinstitutet AB för vägverket. Publikationsserie B.

Suup M., Wallin Å. (2005) *Användning av naturgrus. Mängder, nyckeltal och funktionskrav för idag oundgängliga användningsområden*. Examensarbete, institutionen för industriell ekonomi och samhällsvetenskap, Luleå universitet, Luleå. ISSN: 1404-5494

Svanström M., et al (2004) *Livscykelanalys av aktuella slamhanteringsmetoder för Stockholm Vatten, samverkansprojekt*. Stockholm Vatten. Rapportnr: 8

Svingby M., Båtelsson O. (1999) *LCA av lättflynnadsmaterial för vägbankar*. Vägverket i Borlänge. ISSN: 1401:9612.

Tossavainen M., (2000) *Leaching Behaviour of Rock Materials and a Comparison with Slag Used in Road Construction*, licentiate thesis 2000:23. Luleå University of Technology. ISSN: 1402-1757

Wallén E. (1999) *Livscykelanalys av dricksvatten - en studie av ett vattenverk i Göteborg*. Examensarbete, Teknisk miljöplanering, Chalmers, Göteborg. ISSN: 1400-9560, billagedel

Westerberg B. och Mácsik, J. (2000) *Gummiklipps geotekniska egenskaper*. Luleå Tekniska Universitet, Institutionen för Väg- och Vattenbyggnad, Avdelningen för geoteknik.

Westerberg B., Mácsik, J. (2000) *Gummiklipps geotekniska egenskaper*. Teknisk rapport 2001:02, Luleå Tekniska Universitet, Institutionen för Väg- och Vattenbyggnad, Avdelningen för geoteknik.

Wik O., et al (2003) Inventering av restprodukter som kan utgöra ersättningsmaterial för naturgrus och bergkross i anläggningsbyggande. SGI på uppdrag av SGU. Diariernr: 2-0203-0182 och Projektnr: 11243

Wik O., Wadstein E., Rosqvist H. (2002) *Kostnader för deponering av avfall*. Statens geotekniska institut på uppdrag av Naturvårdsverket. Diariernr: 2-0211-0641 och Projektnr: 11436

Internet

Enköpings värmeverk: <http://www.varmeverket.enkoping.se/miljo.html>, 23/3-05

Gatukontoret i Borås:

<http://www.boras.se/gatukontoret/renhallning/sorteringatervinning/schaktmassor.4.633e5e10039748abd7fff38568.html>, 1/2-05

GSE: www.gseworld.com, 15/3-05

Jernkontoret: www.jernkontoret.se, 11/4-05

KTH: <http://www3.ima.kth.se/ImaExt/Upload/Dokument/rapport1.pdf>, 30/3-05

Luleå tekniska universitet: <http://epubl.luth.se/1404-5494/2001/56/>, 23/3-05

Merox: http://www.merox.se/produkter/sand_grus/hyddsand.html, 23/3-05

Miljöpartiet:

http://www.mp.se/templates/template_78.asp_Q_avdnr_E_11162_A_number_E_71108_A_category_E_99, 2/5-05

National Encyclopedin: www.ne.se, 15/1-8/6-05

Naturvårdsverket: www.naturvardsverket.se, 15/1-8/6-05

Naue: http://www.naue.com/content-global/techndocs/pdfdata/NSP4900Rev0_e.pdf, 31/3-05
Bentonitmatta: Bentofix NSP4900

Nätverket för Transporter och Miljön (NTM): <http://www.ntm.a.se>, 15/1-23/5-05

Räddningsverket: http://www.srv.se/templates/SRV_Page_2205.aspx, 31/3-05

SCB: http://www.scb.se/templates/tableOrChart_25890.asp, 20/4-05

SDAB: www.svdab.se, 20/3-05

SMHI: www.smhi.se, 2/4-05 och 19/5-05

Stockholms länsstyrelse:

http://www.ab.lst.se/upload/dokument/publikationer/M/Faktablad/F2003_06_Krossat_berg_w_ebb.pdf, 31/3-05

Svenska Geosyntetföreningen: <http://cgi.geosyntetforeningen.a.se/tat.shtml>, 1/2-05

Sveriges bergmaterialindustri: <http://www.sbmi.org/SIDOR/minbas.htm>, 5/3-05

Vicon: <http://www.viacon.se/prod/grundvatten.asp>, 16/3-05

Vinnova (2003) *Inledande laboratorieförsök projekt AIS-32. Delrapport 1. Rapport inom projektet AIS-32 finns tillgänglig på:* <http://www.ais32.ncc.se/>, 3/2-05

Intervjuer

Amcoff Örjan, Universitets lektor i bergrundsgeologi, telefonsamtal 18/4-05

Andersson Lars, Länsstyrelsen Uppsala, e-post korrespondens 18/4-05

Aronsson Anders, säljare, RagnSells avfallsbehandling AB i Stockholm, telefonsamtal 4/5-05

Berg Åke, SGU, telefonsamtal, 16/3-05

Bergström Karl-Axel, Enköpings kommun, telefonsamtal 17/5-05

Bogren Johan, Länsstyrelsen i Värmlands, e-post korrespondens 2/5-05

Dewall Göran, Volvo lastvagnar, telefonsamtal 6/4-05

Eklund Caroline, Projektledare, Econova i Norrköping, telefonsamtal 11/4 samt 26/4-05

Hammar Magnus, avfallsingenjör på Tekniska Verken i Linköping, telefonsamtal 11/4-05

Hendriksson Onni, Svenska Geosyntetföreningen, e-post korrespondens och telefonsamtal vt-05

Huss Sara, Länsstyrelsen i Jämtland, e-post korrespondens 21/4-04

Håkansson Ulf, Driftområdeschef för däck, Ragn Sells, telefonsamtal 8/4-05

Karlsson Benny, sakkunnig, Markförädling i Norrland AB, telefonsamtal 8/4-05

Karlsson Fredrik, VD för JOKAB i Östhammar (Uppsala), telefonsamtal 11/4-05

Mácsik Josef, teknisk doktor i miljö- och geoteknik, Ecoloop. Samtal under våren 2005

Murén Per, Teknikchef på NCC Roads AB i Stockholm, telefonsamtal 12/4-05

Nilsson Erland, Länsstyrelsen Gävleborg, e-post korrespondens 18/4-05

Pilo Ulf, VA-Renhållning Kalix kommun, telefonsamtal 17/5-05

Ribbing Claes, VD för Svenska Energiaskor AB, telefonsamtal 11/4-05

Sporer Rolf, säljare på Viacon, Linköping, telefonsamtal 7/4-05

Svensson Carl Mikael, Länsstyrelsen Sörmland, e-post korrespondens 18/4-05

Svedberg Bo, Tekniska Licentiat, Ecoloop. Samtal under våren 2005

Wiik Per-Arne, VD på Wiiks Transport A/S Luleå, telefonsamtal 12/4-05

Åhman Lars, Svensk däckåtervinning AB, telefonsamtal 17/5-05

Bilaga 1 Beskrivningar av restprodukter

1.1 Flygaska från kolpulvereldning

Flygaska från kolpulvereldning består av små, släta partiklar och små nållika kristaller. Huvudsakligt innehåll är kisel-, aluminium-, och järnföreningar samt alkalimetallföreningar och mindre mängder av andra metaller.²²⁴ Flygaska från kolpulvereldning har använts i Finland som konstruktionsmaterial sedan 60-talet och då mest som fyllning i bullervallar. Materialet kan även användas som bär- och förstärkningslager och i asfalt eller som stabilisering av sandiga och leriga jordar och den låga densiteten gör den lämplig som fyllning på mark med låg bärighet.²²⁵

1.2 Flygaska från avfallsförbränning

Flygaska från avfallsförbränning har genom EU-kommissionen blivit klart definierat som farligt avfall. Askor från just förbränning av hushållsavfall ger normalt sätt högre halter av tungmetaller och andra miljöstörande ämnen än aska från biobränslen och kol. Vid en stabilisering kan dock flygaskan bli så stabil att den skulle kunna klassas om till icke-farligt avfall. För behandling av flygaska från avfallsförbränning finns fyra metoder. Det är stabilisering med cement, stabilisering på kemisk väg, förglasning och tvättning/lakning.²²⁶ I Sverige är den vanligaste typen av stabilisering med cement, en reaktion som kallas Bamberger-Modellen.²²⁷

1.3 Avsvavlingsprodukt

Avsvavlingsprodukten är en kalkhaltig restprodukt från rening av rökgaser vid olika slags förbränning. Materialet består av ett finkornigt pulver och innehåller främst kalciumsulfid, kalciumsulfat, kalciumhydroxid, kalciumkarbonat och små mängder av tungmetaller. Materialet är även självhärdande, det vill säga dess hållfasthet ökar vid tillsats av vatten genom härdning.²²⁸ En del avsvavlingsprodukter från kolförbränning kan, ur materialteknisk synvinkel, användas som byggmaterial efter inblandning av flygaska. Användningen är dock begränsad då avsvavlingsprodukten innehåller klorid och sulfat.²²⁹

²²⁴ Wik O., et al (2003), s 22

²²⁵ Mäkele H., Höynälä H. (2000) *By products and recycled materials in earth structures. Materials and applications*. Nationel technology agency. Technology review 92 2000, s.54.

²²⁶ Luleå tekniska universitet: <http://epubl.luth.se/1404-5494/2001/56/>, 23/3-05

²²⁷ RVF: <http://www.rvf.se/m4n?oid=2002:05>, 12/4-05

²²⁸ Wik O., et al (2003), s 20

²²⁹ Mäkele H., Höynälä H. (2000), s.52

1.4 Pannsand från fluidiserande bädd / bäddsand

Sand från fluiderade bäddar/pannsand tillhör gruppen bottenaskor. I ett projekt som gjorts inom Värmeforsk²³⁰ har karaktäriseringar av bottenaskor från fluidbäddpannor gjorts där dessa har undersökts kemiskt och geotekniskt. Projektet har syftat till att ta fram en metodik som kan användas vid karaktäriseringen av bottenaskor från fluidbäddar så att de ska kunna återanvändas, främst som kringfyllnadsmaterial för fjärrvärmerörgravar. I projektet framkom att de pannsander som undersöktes var mer eller mindre användbara. Avfallsbränslebaserade pannsander hade till exempel snävare användningsområde än de biobränslebaserade. Slutsatsen från projektet var dock att biobränslebaserade pannsander kan användas som kringfyllnadsmaterial.

1.5 Bottenaska/Slaggrus

Bottenaska är den fraktion som stannar kvar i botten på en förbränningspanna. De materialtekniska egenskaperna hos bottenaskan påverkas av avfallssammansättningen, förbränningsprocessen, sorteringen/siktningen och lagringstiden²³¹. Bottenaskan från förbränning av hushålls- och industriavfall betecknas ofta slaggrus och ser ut som ett mörkgrått, sandigt grus som består av hopsmälta eller oförbrända rester av exempelvis glas, keramik och metall. Generellt utgörs slaggruset av kisel, järn, kalcium och aluminium, men även av en mindre mängd tungmetaller och förbränt organiskt material. Grusfraktionerna av materialet anses ha god hållfasthet och vara motståndskraftig mot att marken utvidgar sig på grund av tjälen (tjälskjutning). Det har även en hydraulisk konduktivitet som indikerar att det skulle kunna vara lämpligt att använda som tätskikt på deponier. Den största risken för miljöpåverkan beror främst på utlakning av salter och metaller. Vilka lakningsegenskaper materialet har beror dock på vilken förbränningsanläggning eller förbränningsmetod som materialet kommer ifrån. För att hitta generella former av avsättningar för slaggrus i Sverige är det viktigt att ämnets miljöegenskaper utreds. Svenska renhållningsverksföreningen (RVF) har i en rapport från år 2002 presenterat ett förslag till kvalitetssäkring av slaggrus som syftar till att slaggrus ska kunna användas i ökad omfattning.²³² Slaggrus används än så länge sparsamt i Sverige men utnyttjas i högre omfattning utomlands. I Danmark och Tyskland nyttjas materialet ibland som ersättning för naturmaterial i obundna väglager, till exempel i bankfyllningar och skyddslager, samt i vissa fall i förstärkningslager²³³. I Sverige har bottenaskan använts som konstruktionsmaterial på deponier och i provvägar. I en artikel om alternativa tätskiktsmaterial²³⁴ beskrivs även slaggrus som ett möjligt material att använda i dräneringsskiktet på en deponi.

²³⁰ Pettersson R., Rogbeck J., Suér P. (2004) *Pannsand som kringfyllnadsmaterial för fjärrvärmerörgravar. Kemisk och geoteknisk karaktärisering av fluidbäddsand*. Värmeforsk Service AB. Rapportnr: Q4-220 och ISSN: 0282-3772

²³¹ Wik O., et al (2003), s 21

²³² Hartlén J., et al (2001) *Kvalitetssäkring av slaggrus från förbränning av avfall*. RVF. Rapport nr: 02:10, ISSN: 1103:4092

²³³ I Rogbeck J., et al (2000) (citerad i Wik O., et al (2003) *Inventering av restprodukter som kan utgöra ersättningsmaterial för naturgrus och bergkross i anläggningsbyggande*. SGI på uppdrag av SGU. Diariernr: 2-0203-0182, Projektnr: 11243, s 21)

²³⁴ Svedberg B., Máscik J., Wilhelmsson A. (2004), s24-29

Bottenaska från kolpulvereldning är en grovkornig, förglasad och sintrad produkt som, ur materialteknisk synvinkel, också kan ersätta naturmaterial i vägbyggnationer²³⁵. Jämfört med flygaska har bottenaska en grövre kornfördelning, medan flygaskan oftast har bättre självhårdande egenskaper. Flygaska är därför exempelvis lämpligare att nyttja som stabiliseringsmedel för slam.²³⁶ Flygaska är dock generellt sett mer anrikad på bly, kadmium och zink jämfört med bottenaska²³⁷.

1.6 Slagg

Vid förbränning i olika tillverkningsprocesser inom till exempel järn- och metallindustrin förekommer material som inte är brännbara eller förångas. Exempel på detta är glas, porslin, järnskrot och stenliknande material.²³⁸ För att binda dessa material tillsätts slaggbildare till smältan som bildas vid förbränningsprocessen. Slaggen ansågs tidigare värdelös men numera har denna produkt flera användningsområden och har bland annat använts som vägbyggnadsmaterial.²³⁹

1.6.1 Järnsand

Järnsand är en slaggprodukt från koppar eller ädelmetallframställning²⁴⁰.

Användningsområdet för järnsanden är framför allt som tjälisolerande material vid väg- och husbyggnad. I Skellefteå kommun har materialet även använts i bil- och cykelvägar sedan början av 70-talet, speciellt i de områden där markförhållandena krävt material med extra goda isolerande och dränerande egenskaper. På grund av sin granulerade form används sanden också som blästermedel och säljs under marknadsnamnet Fayalit.

I Boliden på Rönnskärsverket har, i syfte att kunna återvinna och återanvända järnsand, studier utförts på verkets egen järnsand där miljö- och geotekniska egenskaper undersökts i både labb- och fältstudier. Skaktester visar att järnsanden uppfyller kriterierna för inert avfall för alla ämnen utom Antimon.²⁴¹ Järnsand bör dock, enligt Bolidens tester, ändå inte användas i områden för vattentäkt, ovan grundvattenytan eller nära brunnar för att skydda grundvattnet av försiktighetsskäl. Då materialet används som täckningsmaterial bör det heller inte spridas på markytan och ska då täckas över med material som minskar lakvattenbildningen och syretillgången. Detta då utlakningen ökar vid tillgång på syre och vatten

²³⁵ Vägverket (2001) (citerad i Wik O., et al (2003) *Inventering av restprodukter som kan utgöra ersättningsmaterial för naturgrus och bergkross i anläggningsbyggande*. SGI på uppdrag av SGU. Diariennr: 2-0203-0182, Projektnr: 11243, s 21)

²³⁶ Mizgalewicz M., et al (2001), s. 12

²³⁷ Ek M., Westling O. (2003), s.7

²³⁸ RVF: http://www.rvf.se/m4n?oid=dictionary&_locale=1, 14/4-05

²³⁹ Jernkontoret: http://www.jernkontoret.se/frameset.asp?left=/krets03/submeny.htm&right=http%3A/www.jernkontoret.se/pcm/stalets_kretslopp/restprodukter/index.xml, 11/4-05

²⁴⁰ Wik O., et al (2003) *Inventering av restprodukter som kan utgöra ersättningsmaterial för naturgrus och bergkross i anläggningsbyggande*. SGI på uppdrag av SGU. Diariennr: 2-0203-0182, Projektnr: 11243, s 40

²⁴¹ Peterson Å., Borell M. (2004) *Boliden Järnsand – En kunskapssammanställning*. Boliden Mineral AB. Rapportnr: PM 0088e, s 9

med lågt pH. Enligt Rönnskärsverkets rekommendationer bör järnsanden även användas i ren form. Om järnsanden blandas med jord, sand eller annat material riskeras att blandningen sprids och används på ett okontrollerat sätt.²⁴²

1.6.2 Hyttsand

Råvaran till hyttsand är masugnsslagg som uppkommer parallellt med järnframställning i masugnar. Då den smälta masugnsslaggen snabbkyls i vatten erhålls denna lätt glansiga och sandliknande produkt och efter malning och aktivering med exempelvis kalk hårdnar hyttsanden ungefär som vanligt cement. Hyttsanden används i dag som råvara i cementindustrin eller som vägbyggnadsmaterial.²⁴³

1.6.3 Slaggranulat

Slaggranulat är slagg som finfördelats till korn²⁴⁴

1.6.4 Fejalitslagg

Fejalitslagg är en speciell slagg som endast inrapporterats från en gjutning på en anläggning i SGI:s inventering.²⁴⁵

1.6.5 Metallurgiskt slag

Metallurgiskt slag är samma sak som slagg från förbränning i ljusbågsugn och har också endast inrapporterats från en anläggning enligt SGI:s rapport.²⁴⁶

1.7 Gjuterisand/Formsand/Gjutmärnor

Gjuterisand är här benämningen på den överskottssand som uppkommer vid olika typer av gjutningar. Både formsand och gjutmärnor tillverkas av sand. Vid framställning av gjutmärnor och formar beläggs sanden med stenkolsot och binds med bentonitlera eller kemiska bindemedel.

²⁴² Smältverket i Rönnskär PM (2004) *Användarhandvisning för Boliden järnsand*. Boliden Mineral AB

²⁴³ Merox: http://www.merox.se/produkter/sand_grus/hyttsand.html, 23/3-05

²⁴⁴ *Nationalencyklopedin*: www.ne.se, 16/4-05

²⁴⁵ Wik O., et al (2003) *Inventering av restprodukter som kan utgöra ersättningsmaterial för naturgrus och bergkross i anläggningsbyggande*. SGI på uppdrag av SGU. Diarienumr: 2-0203-0182, Projektnr: 11243, s 26

²⁴⁶ Wik O., et al (2003) *Inventering av restprodukter som kan utgöra ersättningsmaterial för naturgrus och bergkross i anläggningsbyggande*. SGI på uppdrag av SGU. Diarienumr: 2-0203-0182, Projektnr: 11243, s 41

Överskottssanden är en lös sand men kan innehålla bentonit, kemiska bindemedel, stenkolsot och metallrester och varje gjuteris överskottssand är unik.²⁴⁷

Det drivs idag en rad projekt i syfte att finna alternativa användningsområden för gjuterisand och minska deponeringen²⁴⁸. Exempel på tänkbara avsättningsområden är vägbyggnad, betongtillverkning, kompost/jordförbättring, asfalt, mineralull, kiselkälla vid metallurgiska processer och förbränningsanläggningar (fluidiserande bädd)²⁴⁹. Sanden kan även användas i tät- och skyddsskikt på deponier om vissa krav på bentonithalt, vattenkvot och packningsgrad uppfylls samt om lakningen är tillräckligt låg. Tätheten hos gjuterisanden beror i sin tur av materialets bentonithalt och densitet²⁵⁰.

Inom AIS 32-projektet, som bland andra finansieras av Vinnova,²⁵¹ har jämförelser gjorts mellan gjuterisanden och resultaten från Tossavainens studier av naturliga material²⁵² genom totalhalts- och tillgänglighetstester. Resultaten från projektet visade att tillgängligheten av metaller vid laktest i de flesta fall var av samma storleksordning som för naturmaterialen och de fall där totalhalterna var större, var tillgängligheten ändå så pass låg att restprodukterna understeg de riktvärden som Naturvårdsverket tagit fram för känslig markanvändning (det vill säga kvaliteten på marken begränsar inte hur marken används). De halter av organiska ämnen som påträffades var mycket låga och inget av dem var kraftigt toxisk. Det som ändå talar emot att använda gjuterisand som konstruktionsmaterial är att även om naturmaterialen och gjuterisanden hade samma tillgänglighet i tester, så behöver det inte betyda att så är fallet i en verklig konstruktion. Då gjuterisanderna är betydligt finkornigare i en verklig konstruktion än i de utförda testerna, finns det risk att de lakar mer än motsvarande naturmaterial som har större partikeldiameter och därmed lägre tillgänglighet. Dessutom är halterna av organiskt material en aning högre än för de naturliga materialen. Innan några generella slutsatser dras angående gjuterisandens användningsområden är det alltså viktigt att testa materialet i en naturlig konstruktion.²⁵³

1.8 Skärsten

Skärsten bildas vid smältning av kopparhaltiga malmer.²⁵⁴

²⁴⁷ Wik O., et al (2003), s 26

²⁴⁸ Ibid, s 25

²⁴⁹ Vinnova (2003), 3/2-05, s 9

²⁵⁰ RVF Utveckling (2001) *Försök med tätning och täckning av avfallsupplag genom användning av fiberslam, gjuterisand, slaggranulat och slaggrus*. RVF Malmö. Rapportnr: 01:7, ISSN 1404-4471

²⁵¹ Vinnova (2003), 3/2-05

²⁵² Tossavainen M., (2000) Leaching Behaviour of Rock Materials and a Comparison with Slag Used in Road Construction, licentiate thesis 2000:23. Luleå University of Technology. ISSN: 1402-1757

²⁵³ Vinnova (2003), 3/2-05, s 52

²⁵⁴ Wik O., et al (2003), s 27

1.9 Infodringar

Infodringar är ett tegel- eller cementliknande material som används i smältugnar.²⁵⁵

1.10 Gråberg

Gråberg varierar i storlek från stensmjölsstorlek till stora block. Avfallet utgörs av sidoberg vid dagbrottsbrytning samt tillredning och sovring vid underjordsbrytning. Materialtekniskt har gråberg samma användningsområden som krossberg och även miljöegenskaperna är likartade. Undantaget är om gråberget brutits från sulfidhaltigt berg som kan ha en försurande inverkan. I SGI-inventeringen anmäldes endast vid en gruva att gråberg särhållits då materialet där innehöll mindre andelar metaller och därmed hade särskilt goda miljötekniska egenskaper.²⁵⁶

1.11 Reststen

Vi brytning av stenmaterial uppstår material som exempelvis inte har de dimensioner eller egenskaper som önskas. Dessa bildar en restprodukt som kallas reststen.²⁵⁷

1.11.1 Blockbrytning i stenbrott

Vi brytning av blocksten i stenbrott uppstår kasserade stenblock av olika dimensioner. Då detta material ofta är homogent skulle det till exempel kunna ersätta bergkross i anläggningsbyggande. Vilka egenskaper reststenen har beror dock på vilket berg som materialet brutits ifrån ursprungligen.²⁵⁸

1.11.2 Brytning av industrimineral

Vid brytning av reststen uppstår det partiklar från olika mineraler som inte är tillräckligt bra egenskaper för att säljas till kunder. Precis som för reststen från blockstensbrytning varierar även dessa partiklars egenskaper utifrån vilken bergart som brutits. De skulle dock kunna ersätta naturgrus i anläggningsbyggande.²⁵⁹

1.12 Grönlutsslam

Grönlut bildas vid massatillverkning då svartlut indunstas och förbränns i en sodapanna.

²⁵⁵ Wik O., et al (2003), s 27

²⁵⁶ Ibid, s 30

²⁵⁷ Ibid, s.46

²⁵⁸ Ibid, s 46

²⁵⁹ Ibid, s 46

Luten från sodapannan innehåller uppslammade partiklar i form av sotrester efter förbränningen, och då dessa avskiljs från själva luten fås restprodukten grönlutsslam.²⁶⁰ Grönlutsslammet kan därför bestå av oförbrända kolrester från sodapannan, mesa som används vid tvättning och avvattning av slammet samt processfrämmande grundämnen. Processfrämmande ämnen är negativa för processen och kommer främst från vedråvaran²⁶¹.

Slammet har en bra permeabilitet och blir tätare ju mindre mesa det innehåller. På vissa håll görs därför försök att använda grönlutsslam, ensamt eller blandat med flygaska, som tätskikt i deponier²⁶². På bruket i Skutskär används slammet som tätskikt på deponi efter inblandning av aska och vid bruket i Frövi finns ett intresse av att använda materialet, både som bottentätning och tätskikt, på deponi. Andra exempel är Korsnäs där försök görs att använda slammet som skärm mellan deponin och havet och vidare har Södra Skogsenergi, tillsammans med Värö bruk, blandat in både grönlutsslam och mesa i aska vid försök med återföring till skogsmark.²⁶³

1.13 Mesagrus/kalkgrus

I kausticeringsprocessen avskiljs tyngre partiklar, mesagrus/kalkgrus, som består av oreagerat kalk, slit och sand. Om materialet är mindre väl tvättat kan det innehålla en del tungmetaller och ha ett högt pH-värde. Mesagrus har potential att användas i vissa applikationer vid väg- och järnvägsbyggen och kan även användas som tätningsmaterial på deponier. I ett examensarbete om återanvändning av restprodukter inom mark- och anläggningsområdet drogs slutsatsen att materialet endast är lämpligt att använda i deponier för inert avfall då den hydrauliska konduktiviteten inte är tillräckligt låg²⁶⁴. Även i andra försök har konduktivitetetsvärdet indikerat att materialet sannolikt inte är lämpligt som tätskikt då täthetskraven för detta skikt är höga. Materialet sägs dock ha god bärighet och liten benägenhet för sättningar.²⁶⁵

1.14 Upptiningssand

Vid massa- och papperstillverkning används timmer som i ett första processteg spolats i ett renseri. I det spolvatten som åtgår finns en mängd fasta partiklar, till exempel jord, sten och bark. Det fasta materialet som avskiljs ifrån spolvattnet kallas upptiningssand.²⁶⁶

²⁶⁰ Vinnova (2003), 3/2-05, s 22

²⁶¹ Eliasson S., Sandqvist E. (2000). *Återanvändning av restprodukter inom mark- och anläggningsområdet*. Examensarbete, Chamlers tekniska högskola, s. 13

²⁶² Ek M., Westling O. (2003)

²⁶³ Ibid, s.21

²⁶⁴ Eliasson S., Sandqvist E. (2000). *Återanvändning av restprodukter inom mark- och anläggningsområdet*. Examensarbete, Chamlers tekniska högskola, s. 49

²⁶⁵ Johansson K., et al (2003) *Marknadsstudie. Materialåtgång vid anpassning/avslutning av deponier*. NCC teknik på uppdrag av MinBas. Uppdragsnummer 7024226

²⁶⁶ Wik O., et al (2003), s.35

1.15 Betong

Betong uppkommer vid rivning av hus. Det består huvudsakligen av stenmaterial, ballast, i varierande kornstorlek som bundits samman av ett cementlim bestående av cement och vatten.²⁶⁷ Egenskaperna hos betong gör det till ett lämpligt material att använda i ett dräneringsskikt²⁶⁸.

1.16 Restmaterial från kalktillverkning

Filterkalk och bränd kalk är två restprodukter som uppkommer vid kalktillverkning.²⁶⁹

1.17 Övriga material

Andra material som tas med i SGI:s sammanställning över restprodukter är tegelrester, glasskross, gips, grus och lera och sten²⁷⁰.

²⁶⁷ National Encyklopedin: www.ne.se, 11/4-05

²⁶⁸ Svedberg B., Máscik J., Wilhelmsson A. (2004), s.24-29

²⁶⁹ Wik O., et al (2003), s.46

²⁷⁰ Ibid, s.49

Bilaga 2 Antal hektar som skall sluttäcks i respektive län

Antal hektar deponi som ska sluttäckas i respektive län under angivna tidpunkter								
Län	Påbörjat täckning	Påbörjas 2006-2010	Ur drift innan 2008 men vet ej när sluttäckningen ska påbörjas	Påbörjas efter 2008	Drift efter 2008	2011-2020	2021-	Vet ej
Blekinge	12	0	0	15	5	0	0	10
Dalarna	98	53	0	6	1st ? Ha	0	0	10
Gotland	0	0	0	0	0	2	0	0
Gävleborg	156	44	0	18	1st ? ha	0	0	75
Halland	31	16	0	8,6	8,6	0	0	29
Jämtland	5	8	0	11,4	20	14	0	8
Jönköping	24	22	0	58	0	17	0	0
Kalmar	3	72	0	20	8	2,5	0	6
Kronoberg	7	26	0	0	20	0	0	14
Norrbottn	81	40	0	0	0	23	10	0
Skåne	65	31	0	0	25	0	81	12
Stockholm	54	4	35	6	0	12	35	5
Sörmland	42	6,5	0	33	5	5	0	0
Uppsala	11	16	0	9	0	0	0	10
Värmland	80	41	0	1	2	0	2	95
Västerbotten	51	133	0	18	0	0	0	150
Västernorrland	8,3	33	35	8	50	6	21	0
Västmanland	73	55	0	2	20	0	0	4
Västra Götaland	251	85	0	39	12	19	17	57
Örebro	31	58	0	6	24	0	98	3
Östergötland	58	12	3	25	17	3	6	30

Bilaga 3 Ekonomiska beräkningar

3.1 Insamling av kostnadsuppgifter

Bentonitmatta	Pris	Enhet	Källa
Råvara	30	kr/m ²	Rolf Sporer
Transport	3	kr/m ²	Rolf Sporer
Utläggning	4	kr/m ²	Rolf Sporer
Transport	3,7	kr/ton och mil	Per-Arne Wiik
Geotextil	Pris	Enhet	Källa
Råvara	3,5	kr/m ²	Rolf Sporer
Transport	0,3	kr/m ²	Rolf Sporer
Utläggning	ca 1	kr/m ²	Rolf Sporer
Råvara	3	kr/m ²	Benny Karlsson
Transport	0	Ingår i råvarupriset	Benny Karlsson
Utläggning	5	kr/m ²	Benny Karlsson
Gummiklipp	Pris	Enhet	Källa
Råvara	0	kr/ton	Ulf Håkansson
Transport	6,5	kr/ton och mil	Ulf Håkansson
Utläggning	20-25	kr/m ² för 0,3 m tjockt lager	Benny Karlsson
Mesa	Pris	Enhet	Källa
Råvara	0	kr/ton	Benny Karlsson
Transport	7-8	kr/ton och mil	Benny Karlsson
Utläggning	24	kr/m ² i 25-24 cm tätskiktsglager	Benny Karlsson
Flygaska	Pris	Enhet	Källa
Råvara	0	kr/ton	Claes Ribbing
Blandning av material	10000000	kr om vatten blandas i på plats	Claes Ribbing

Råvara	0	kr/ton	Caroline Eklund
Transport	15	kr/ton och mil	Caroline Eklund
Utläggning	ca 50	kr/m ² om avjämningsskikt 0,3 m	Caroline Eklund
Utläggning	25-50	kr/m ² om 0,2-0,3 m skikt	Magnus Hammar
Flygaska & slam	Pris	Enhet	Källa
Råvara	0	Avser både slam och aska	Caroline Eklund
Transport	15	kr/ton och mil	Caroline Eklund
Utläggning	64	kr/m ² om 0,5 m tätskikt (inkl transport från blandställe till deponi)	Caroline Eklund
Blandning av material	300000	kr för 2 veckor, användes 4 dagar a 10 timmar	Caroline Eklund
Råvara	0	Avser både slam och aska	Magnus Hammar
Utläggning	150	kr/m ² om tätskikt 0,5 m	Magnus Hammar
Blandning av material	150	kr/ton (entreprenör, intranport till blandare inkluderat)	Magnus Hammar
Slam	Pris	Enhet	Källa
Slam blir anläggningsjord	300	kr/ton (inklusive transport och behandling mm)	Anders Aronsson
Schaktmassor, Krossberg, Sand	Pris	Enhet	Källa
Råvara	60 (40-80)	kr/ton i genomsnitt	Per Murén
Transport	13-14	kr/ton och mil, för blöta eller dammiga produkter lägg på 25% på kostnaden	Per Murén
Utläggning	5-8	kr/ton	Per Murén
Krossberg	Pris	Enhet	Källa
Råvara	100	kr/ton	Magnus Hammar
Transport	15	kr/ton och 5 mil om lastbil rymmer 35 ton	Fredrik Karlsson
Utläggning	40	kr/m ² och deponi 1 hektar och 0,5 m i lagertjocklek	Fredrik Karlsson
Sand	Pris	Enhet	Källa
Transport	15	kr/ton och mil om 5 mil och lastbil rymmer	Fredrik

		35 ton	Karlsson
Utläggning	ca 20	kr/m ² om deponi 1 hektar 0ch 0,2-0,3m i lagertjocklek	Fredrik Karlsson
Morän	Pris	Enhet	Källa
Råvara	40	kr/ton	Benny Karlsson
Transport	7-8	kr/ton och mil	Benny Karlsson
Utläggning	20-25	kr/m ² om 1 m tjockt lager,	Benny Karlsson
Avloppsslam			
<i>Om inget annat står är tom lastbil tillbaka inkluderat i transporterna</i>			

3.2 Generell data

DRIFT				
Deponi med botten tätning, lakvattenuppsamling samt konstgjord geologisk barriär				
Konstruktion	Lägst kostnad	Högst kostnad	Enhet	Referens
Botten tätning och lakvattenuppsamling samt konstgjord geologisk barriär	60	110	kr/m ³ deponerad restprod	SGI (2002)
Drift	100	150	kr/m ³ deponerad restprod	SGI (2002)
Miljökontroll under aktiv fas	10	15	kr/m ³ deponerad restprod	SGI (2002)
Lakvattenbehandling	20	30	kr/m ³ deponerad restprod	SGI (2002)
Miljökontroll efter aktiv fas	5	5	kr/m ³ deponerad restprod	SGI (2002)
Kostnad för ställande av säkerhet	3	6	kr/m ³ deponerad restprod	SGI (2002)
Övriga etableringskostnader	20	35	kr/m ³ deponerad restprod	SGI (2002)
Totalt	218	351	kr/m ³ deponerad restprod	SGI (2002)

MATERIALKOSTNAD						
Materialkostnader deponi för icke-farligt avfall						
Material	Lägst kostnad	Enhet	Referens	Högst kostnad	Enhet	Referens
Morän	40	kr/ton	Benny Karlsson	80	kr/ton	Per Murén
Krossberg	40	kr/ton	Per Murén	100	kr/ton	Magnus Hammar
Sand	40	kr/ton	Per Murén	80	kr/ton	Per Murén
Geotextil	5	kr/m ²	Rolf Sporer	8	kr/m ²	Benny Karlsson
Bentonitmatta	30	kr/m ²	Rolf Sporer	30	kr/m ²	Rolf Sporer
Gummiklipp	0	kr/ton	Ulf Håkansson	0	kr/ton	Ulf Håkansson
Flygaska	0	kr/ton	Claes Ribbing, Caroline Eklund	0	kr/ton	Claes Ribbing, Caroline Eklund
Avloppsslam	0	kr/ton	Caroline Eklund	0	kr/ton	Caroline Eklund
Mesa	0	kr/ton	Benny Karlsson	0	kr/ton	Benny Karlsson

DEPONERINGSSKATTER			
Skattekostnader för deponering av avfall			
Material	Kostnad	Enhet	Referens
Morän	0	kr/ton avfall	Lag (1999:673) om skatt på avfall
Krossberg	0	kr/ton avfall	Lag (1999:673) om skatt på avfall
Sand	0	kr/ton avfall	Lag (1999:673) om skatt på avfall
Geotextil	0	kr/ton avfall	Deponeras ej
Bentonitmatta	0	kr/ton avfall	Deponeras ej
Gummiklipp	0	kr/ton avfall	Förbränns i cementugn
Flygaska	370	kr/ton avfall	Lag (1999:673) om skatt på avfall
Avloppsslam	0	kr/ton avfall	Blir anläggningsjord
Mesa	370	kr/ton avfall	Lag (1999:673) om skatt på avfall

TRANSPORTER						
Från materialägare till deponi, tom lastbil tillbaka, inklusive arbete, bensin och lastbilsslitage						
Material	Lägst kostnad	Referens	Högst kostnad	Enhet	Referens	Betalar transport
Morän	0,8	Benny Karlsson	1,4	kr/ton och km	Per Murén	Deponiägare
Krossberg	1,4	Per Murén	1,5	kr/ton och km	Fredrik Karlsson	Deponiägare
Sand	1,4	Per Murén	1,5	kr/ton och km	Fredrik Karlsson	Deponiägare
Geotextil	0	Transp ingår i råvarupris	0	kr/m2	Transp ingår i råvarupris	Deponiägare
Bentonitmatta	3	Rolf Sporer	3	kr/m2	Rolf Sporer	Deponiägare
Gummiklipp	0,65	Ulf Håkansson	0,65	kr/ton och km	Ulf Håkansson	Materialägare
Flygaska	1,5	Caroline Eklund	1,5	kr/ton och km	Caroline Eklund	Materialägare
Avloppsslam	1,5	Caroline Eklund	1,5	kr/ton och km	Caroline Eklund	Materialägare
Mesa	0,8	Benny Karlsson	0,8	kr/ton och km	Benny Karlsson	Materialägare

MATERIALUTLÄGGNING					
Inklusive arbete och maskiner					
Material	Lägst kostnad	Referens	Högst kostnad	Enhet	Referens
Morän	5	Per Murén	8	kr/ton	Per Murén
Krossberg	5	Per Murén	8	kr/ton	Per Murén
Sand	5	Per Murén	12,5	kr/ton	Fredrik Karlsson
Geotextil	0	Ingår i råvarupriset	0	kr/m2	Ingår i råvarupriset
Bentonitmatta	4	Rolf Sporer	4	kr/m2	Rolf Sporer
Gummiklipp	20	Benny Karlsson	25	kr/m2 om 0,3 m tjocklek	Benny Karlsson
Flygaska	25	Magnus Hammar	50	kr/m2 om 0,3 m tjockt lager	Caroline Eklund
Flygaska och Avloppsslam	64	Caroline Eklund, Magnus Hammar	150	kr/m2 om 0,5 m tjockt lager	Magnus Hammar
Mesa	24	Benny Karlsson	24	kr/m2 om 25-45 cm tjockt lager	Benny Karlsson

ALTERNATIV BEHANDLING AV RESTPRODUKTER						
Kostnad alternativ behandling						
Skikt	Material	Behandling	Kostnad	Enhet	Referens	
Tätskikt	Avloppsslam	Anläggningsjord	300	kr/ton	Anders Aronsson	
Blandning av flygaska och avloppsslam						
Process	Lägst kostnad	Enhet	Referens	Högst kostnad	Enhet	Referens
Blandning av slam och aska	50	kr/ton	Caroline Eklund	150	kr/ton	Magnus Hammar
ÖVRIGA FAKTORER						
Modelldeponins yta						
Värde	Enhet					
1	hektar					
1 hektar i m²						
Värde	Enhet					
10000	m ²					
Maxlast för lastbil från materialtillverkare till deponi						
Värde	Enhet	Referens				
36	ton	Benny Karlsson				

Vikt för täckningsmaterialen i en traditionell täckning (Mitten av Sverige) - Baserat på skrymdensitet				
Material	Lager	Värde	Enhet	Referens
Jord	Växtetableringsskikt	10500	ton/ hektar deponi	Miljömodellberäkningar, Transporter
Morän	Skyddsskikt	16000	ton/ hektar deponi	Miljömodellberäkningar, Transporter
Geotextil	Skydd	1,11	ton/ hektar deponi	Miljömodellberäkningar, Transporter
Sand (torr)	Dräneringsskikt	3200	ton/ hektar deponi	Miljömodellberäkningar, Transporter
Bentonitlera (i bentonitmatta)	Tätskikt	46	ton/ hektar deponi	Miljömodellberäkningar, Transporter
Geotextil (i bentonitmatta dvs två skikt)	Tätskikt	2,22	ton/ hektar deponi	Miljömodellberäkningar, Transporter
Krossberg (grus 0-16, 0-32, 0-63)	Avjämningskikt	8500	ton/ hektar deponi	Miljömodellberäkningar, Transporter
Vikt för täckningsmaterialen i en traditionell täckning (Norra Sverige) - Baserat på skrymdensitet				
Material	Lager	Värde	Enhet	Referens
Jord	Växtetableringsskikt	10500	ton/ hektar deponi	Miljömodellberäkningar, Transporter
Morän	Skyddsskikt	36000	ton/ hektar deponi	Miljömodellberäkningar, Transporter
Geotextil	Skydd	1,11	ton/ hektar deponi	Miljömodellberäkningar, Transporter
Sand (torr)	Dräneringsskikt	3200	ton/ hektar deponi	Miljömodellberäkningar, Transporter
Bentonitlera (i bentonitmatta)	Tätskikt	46	ton/ hektar deponi	Miljömodellberäkningar, Transporter
Geotextil (i bentonitmatta dvs två skikt)	Tätskikt	2,22	ton/ hektar deponi	Miljömodellberäkningar, Transporter
Krossberg (grus 0-16, 0-32, 0-63)	Avjämningskikt	8500	ton/ hektar deponi	Miljömodellberäkningar, Transporter
Vikt för täckningsmaterialen i en icke-traditionell täckning (Hela Sverige), baserat på skrymdensitet				
Material	Lager	Värde	Enhet	Referens
Jord	Växtetableringsskikt	10500	ton/ hektar deponi	Miljömodellberäkningar, Transporter
Morän	Skyddsskikt	14000	ton/ hektar deponi	Miljömodellberäkningar, Transporter
Geotextil	Skydd	1,11	ton/ hektar deponi	Miljömodellberäkningar, Transporter
Gummiklipp (50*50mm2)	Dräneringsskikt	2970	ton/ hektar deponi	Miljömodellberäkningar, Transporter
Flygaska	Tätskikt	1645,6	ton/ hektar deponi	Miljömodellberäkningar, Transporter
Avloppsslam	Tätskikt	4498,3	ton/ hektar deponi	Miljömodellberäkningar, Transporter
Mesa	Tätskikt	8150	ton/ hektar deponi	Miljömodellberäkningar, Transporter
Flygaska	Avjämningskikt	5040	ton/ hektar deponi	Miljömodellberäkningar, Transporter

3.3 Uträkningar baserade på modelldeponierna

3.3.1 Deponiägare resultat- Scenario 1 i mellersta Sverige

Råvarukostnad traditionell täckning (Mitten av Sverige), kr/hektar deponi				
Skikt	Material	Lägst kostnad	Högst kostnad	Enhet
Skyddsskikt	Morän	640000	1280000	kr/hektar deponi
Skyddsskikt	Geotextil	50000	80000	kr/hektar deponi
Dränskikt	Sand	128000	256000	kr/hektar deponi
Tätskikt	Bentonitmatta	300000	300000	kr/hektar deponi
Avjämningskikt	Krossberg	340000	850000	kr/hektar deponi
	Summa	1458000	2766000	kr/hektar deponi

Transportkostnad traditionell täckning (Mitten av Sverige), kr/hektar deponi och km				
Skikt	Material	Lägst kostnad	Högst kostnad	Enhet
Skyddsskikt	Morän	12800	22400	kr/hektar deponi och km
Skyddsskikt	Geotextil	0	0	kr/hektar deponi och km
Dränskikt	Sand	4480	4800	kr/hektar deponi och km
Tätskikt	Bentonitmatta	30000	30000	kr/hektar deponi och km
Avjämningskikt	Krossberg	11900	12750	kr/hektar deponi och km
	Summa	59180	69950	kr/hektar deponi och km

Utläggingskostnad traditionell täckning (Mitten av Sverige), kr/hektar deponi				
Skikt	Material	Lägst kostnad	Högst kostnad	Enhet
Skyddsskikt	Morän	80000	128000	kr/hektar deponi
Skyddsskikt	Geotextil	0	0	kr/hektar deponi
Dränskikt	Sand	16000	40000	kr/hektar deponi
Tätskikt	Bentonitmatta	40000	40000	kr/hektar deponi
Avjämningskikt	Krossberg	42500	68000	kr/hektar deponi
	Summa	178500	276000	kr/hektar deponi

Totalkostnad, kr/hektar deponi	
Lägst kostnad	Högst kostnad
1695680	3111950

3.3.2 Deponiägare resultat – Scenario 1 i norra Sverige

Råvarukostnad traditionell täckning (Norra Sverige), kr/hektar deponi					
Skikt	Material	Lägst kostnad	Högst kostnad	Enhet	Referens
Skyddsskikt	Morän	1440000	2880000	kr/hektar deponi	Uträkning
Skyddsskikt	Geotextil	50000	80000	kr/hektar deponi	Uträkning
Dränskikt	Sand	128000	256000	kr/hektar deponi	Uträkning
Tätskikt	Bentonitmatta	300000	300000	kr/hektar deponi	Uträkning
Avjämningskikt	Krossberg	340000	850000	kr/hektar deponi	Uträkning
	Summa	2258000	4366000	kr/hektar deponi	
Transportkostnad traditionell täckning (Norra Sverige), kr/hektar deponi och km					
Skikt	Material	Lägst kostnad	Högst kostnad	Enhet	Referens
Skyddsskikt	Morän	28800	50400	kr/hektar deponi och km	Uträkning
Skyddsskikt	Geotextil	0	0	kr/hektar deponi och km	Ingår i råvarupriset
Dränskikt	Sand	4480	4800	kr/hektar deponi och km	Uträkning
Tätskikt	Bentonitmatta	30000	30000	kr/hektar deponi och km	Uträkning
Avjämningskikt	Krossberg	11900	12750	kr/hektar deponi och km	Uträkning
	Summa	75180	97950	kr/hektar deponi och km	
Utläggingskostnad traditionell täckning (Norra Sverige), kr/hektar deponi					
Skikt	Material	Lägst kostnad	Högst kostnad	Enhet	Referens
Skyddsskikt	Morän	180000	288000	kr/hektar deponi	Uträkning
Skyddsskikt	Geotextil	0	0	kr/hektar deponi	Ingår i råvarupriset
Dränskikt	Sand	16000	40000	kr/hektar deponi	Uträkning
Tätskikt	Bentonitmatta	40000	40000	kr/hektar deponi	Uträkning
Avjämningskikt	Krossberg	42500	68000	kr/hektar deponi	Uträkning
	Summa	278500	436000	kr/hektar deponi	
Totalkostnad, kr/hektar deponi					
Lägst kostnad	Högst kostnad				
2611680	4899950				

3.3.3 Deponiägare resultat – Scenario 2 i hela Sverige

Råvarukostnad Icke-traditionell täckning (Hela Sverige) kr/hektar deponi					
Skikt	Material	Lägst kostnad	Högst kostnad	Enhet	Referens
Skyddsskikt	Morän	560000	1120000	kr/hektar deponi	Uträkning
Skyddsskikt	Geotextil	50000	80000	kr/hektar deponi	Uträkning
Dränskikt	Gummiklipp	0	0	kr/hektar deponi	Uträkning
Tätskikt	Flygaska och avloppsslam	0	0	kr/hektar deponi	Uträkning
Tätskikt	Mesa	0	0	kr/hektar deponi	Uträkning
Avjämningskikt	Flygaska	0	0	kr/hektar deponi	Uträkning
	Summa	610000	1200000		
Transportkostnad icke-traditionell täckning (Hela Sverige), kr/hektar deponi och km					
Skikt	Material	Lägst kostnad	Högst kostnad	Enhet	Referens
Skyddsskikt	Morän	11200	19600	kr/hektar deponi och km	Uträkning
Skyddsskikt	Geotextil	0	0	kr/hektar deponi och km	Ingår i råvarupriset
Dränskikt	Gummiklipp	0	0	kr/hektar deponi och km	Betalas av materialägare
Tätskikt	Flygaska och avloppsslam	0	0	kr/hektar deponi och km	Betalas av materialägare
Tätskikt	Mesa	0	0	kr/hektar deponi och km	Betalas av materialägare
Avjämningskikt	Flygaska	0	0	kr/hektar deponi och km	Betalas av materialägare
	Summa	11200	19600		
Utläggingskostnad Icke-traditionell täckning (Hela Sverige), kr/hektar deponi					
Skikt	Material	Lägst kostnad	Högst kostnad	Enhet	Referens
Skyddsskikt	Morän	70000	112000	kr/hektar deponi	Uträkning
Skyddsskikt	Geotextil	0	0	kr/hektar deponi	Ingår i råvarupriset
Dränskikt	Gummiklipp	200000	250000	kr/hektar deponi	Uträkning
Tätskikt	Flygaska och avloppsslam	640000	1500000	kr/hektar deponi	Uträkning
Tätskikt	Mesa	240000	240000	kr/hektar deponi	Uträkning
Avjämningskikt	Flygaska	250000	500000	kr/hektar deponi	Uträkning
Flygaska och avloppsslam i tätskikt	Summa	1160000	2362000		
Mesa i tätskikt	Summa	760000	1102000		
Totalkostnad kr/hektar deponi	Flygaska och Avloppsslam	2088395	4503185		
	Mesa	1381200	2321600		

3.3.4 Materialägare – kostnad för att deponera eller alternativt omhändertagande av restprodukter

Mängd material i m ³ som behövs i 1 hektar deponi					
Skikt	Material	Värde	Enhet	Referens	
Tätskikt 0,5 m	Flygaska	1552,45	m ³ /hektar deponi	Uträkning	
Tätskikt 0,5 m	Mesa	5000	m ³ /hektar deponi	Uträkning	
Tätskikt 0,5 m	Avloppsslam	5230,56	m ³ /hektar deponi	Uträkning	
Avjämningskikt 0,3 m	Flygaska	3000	m ³ /hektar deponi	Uträkning	
Drift av deponi för mängd material, kr/hektar deponi					
Skikt	Material	Lägst kostnad	Högst kostnad	Enhet	Referens
Tätskikt och avjämningskikt	Flygaska	992434	1597909,95	kr/hektar deponi	Uträkning
Tätskikt	Mesa	1090000	1755000	kr/hektar deponi	Uträkning
Deponiskatt, kr/hektar deponi					
Skikt	Material	Behandling	Kostnad	Enhet	Referens
Tät och avjämningskikt	Flygaska	Deponi	2473672	kr/hektar deponi	Uträkning
Tätskikt	Mesa	Deponi	3015500	kr/hektar deponi	Uträkning
Kostnad alternativ behandling, kr/hektar deponi			Kostnad		
Dränskikt	Gummiklipp	Förbränning	1930,5	kr/hektar deponi och km	Uträkning
Tätskikt	Avloppsslam	Anläggningsjord	1349490	kr/hektar deponi	Uträkning
Totalkostnad för deponering respektive alternativt utnyttjande av materialen, kr/hektar deponi					
Material	Lägst kostnad	Högst kostnad	Enhet		
Flygaska	3466106,1	4071581,95	kr/ha deponi		
Avloppsslam	1349490	1349490	kr/ha deponi		
Mesa	4105500	4770500	kr/ha deponi		
Gummiklipp	1931	1931	kr/ha deponi och km		

3.3.5 Materialägare – kostnad då restprodukterna används till deponitäckning

Transportkostnad för respektive material, kr/hektar deponi och km			
Material	Lägst kostnad	Högst kostnad	Enhet
Flygaska	10028	10028	kr/ha deponi och km
Avloppsslam	6747	6747	kr/ha deponi och km
Mesa	6520	6520	kr/ha deponi och km
Gummiklipp	1931	1931	kr/ha deponi och km

Bilaga 4 Miljöuträkningar

4.1 Generell data

Skrymdensiteter hos materialen				
Material	Löst packat	Hårt packat	Enhet	Referens
Krossberg (grus 0-16, 0-32, 0-63)	1,3	1,7	ton/m3	Mácsik (2005)
Gummiklipp (50*50mm2)	0,45	0,99	ton/m3	Edeskär (2004)
Sand (relativt torr)	1,42	1,6	ton/m3	Stripple
Jord	1,68	2,1	ton/m3	Stripple
Flygaska	1,06	1,68	ton/m3	Mácsik (2005)
Morän	1,8	2	ton/m3	Mácsik (2005)
Mesa	0,66	1,63	ton/m3	Pousette (2000)
Avloppsslam	0,89	0,89	ton/m3	Mácsik (2005)
Bentonit (i bentonitmatta)	0,81	0,81	ton/m3	Uträkning
Geotextil (i bentonitmatta)	0,37	0,37	ton/m3	Uträkning
Flygaska 50% och Avloppsslam 50%	1,2	1,2	ton/m3	Mácsik (2005)

Fördelning mellan materialen i bentonitmattor (Källa: Naue)		
Material	Tjocklek	Enhet
Bentonit	0,0057	meter
Geotextil	0,0003	meter
Vikt		
Material	Värde	Enhet
Bentonitlera (i bentonitmatta)	0,0046	ton/m2
Geotextil (i bentonitmatta)	0,0001	ton/m2

Tjockleken på skikten i en traditionell sluttäckning - Mellersta Sverige (Källa: Ecoloop Josef Mascik)		
	Värde	Enhet
Växtetableringsskikt	0,5	meter
Skyddsskikt	0,8	meter
Dräneringsskikt	0,2	meter
Tätskikt	0,006	meter
Avjämnningsskikt	0,5	meter

Tjockleken på skikten i en traditionell sluttäckning - Norra Sverige (Källa: Ecoloop Josef Mascik)		
	Värde	Enhet
Växtetableringsskikt	0,5	meter
Skyddsskikt	1,8	meter
Dräneringsskikt	0,2	meter
Tätskikt	0,0063	meter
Avjämnningsskikt	0,5	meter

Tjockleken på skikten i en icke-traditionell sluttäckning - Mellersta och Norra Sverige (Källa: Ecoloop Josef Mascik)		
	Värde	Enhet
Växtetableringsskikt	0,5	meter
Skyddsskikt	0,7	meter
Dräneringsskikt	0,3	meter
Tätskikt	0,5	meter
Avjämnningsskikt	0,3	meter

4.1.1 Emissioner till luft

Emissioner från transporter / ton gods*km (Källa NTM)								
Fordonstyp	Fyllnadsgrad	CO2	NOx	HC	CO	PM	SO2	Enhet
Tung (maxlast 40 ton)	50% (tom återtransport)	130,000	0,850	0,220	0,140	0,015	0,033	gram
Tung (maxlast 40 ton)	43% (tom återtransport)	150,000	0,990	0,250	0,160	0,017	0,038	gram
Tung (maxlast 40 ton)	40% (tom återtransport)	160,000	1,100	0,270	0,180	0,019	0,041	gram
Tung (maxlast 40 ton)	37% (tom återtransport)	180,000	1,200	0,290	0,190	0,020	0,045	gram

Emissioner från förbränning (Källa Stripple)									
Process	CO2	NOx	HC	CO	PM	SO2	CH4	Enhet	
Förbränning av eldningsolja med oljebrännare	79	0,16		0,013		0,05		g/MJ tillfört bränsle	
Förbränning av diesel vid drift av arbetsfordon	75	0,71	0,043	0,085		0,024	0,000	g/MJ tillförd diesel	

Emissioner från tillverkning energibäraren (Källa Stripple)								
Energibärare	CO2	NOx	HC	CO	PM	SO2	CH4	Enhet
Diesel/eldningsolja	4	0,004	0,008	0,000		0,014		g/MJ tillförd olja
El	3,8	0,009		0,002		0,007	0,000	g/MJ el

Emissioner från tillverkningsprocesser									
Process	CO2	NOx	HC	CO	PM	SO2	CH4	Enhet	
Krossning av berg	1422,732	12,328	0,873	1,491		0,788	0,004	g/ton	
Tillverkning av geotextil	1888800,000	4236,480	230,220	364,164		1435,800	0,045	g/ton	
Tillverkning av bentonitlera	1,690	0,003	0,000	0,000		0,001	0,000	g/ton	
Klippning av däck	11389,680	102,864	7,402	12,248		5,496	0,008	g/ton	

4.1.2 Emissioner till vatten

Funktionskrav på sluttäckningen av en deponi (Källa Ecoloop, Svedberg Bo)		
	Värde	Enhet
Maximalt vattenflöde genom deponin	50	l/m ² och år

Lakfaktorer	Värde	Enhet	Referens
Nederbörd i Sverige	727	l/m ² och år	Sveriges nationalatlas
Infiltrering Avjämnings-Tätskikt inklusive avrinning och avdunstning 40 %	0,4	40%	Antagande
Vatten	0,001	ton vatten/liter	
Vatten genom tätskikt av avloppsslam och flygaska vid Dragmossen	20	l/m ² och år	Máscik (2005)

Lakning traditionella material											
Material	Cl	SO4	As	Hg	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	Enhet
Sand i drän (L/S 2) från 1 ton sand, metod CEN prEN 12457, labb g/ton		0	0,006		0,0002	0,004		0,004	0,004	0,04	g/ton TS
Sand i drän(L/S 10) från 1 ton sand, metod CEN prEN 12458, g/ton	0	0	0,03	0,01	0,001	0,02	0,1	0,02	0,02	0,2	g/ton TS
Krossat berg (L/S 2) 0-50 mm, metod CEN prEN 12457, labb		0	0,006		0,0002	0,004		0,004	0,004	0,04	g/ton TS
Krossat berg (L/S 10) 0-50 mm, metod CEN prEN 12457, labb	25	0	0,03	0,01	0,001	0,02	0,1	0,02	0,02	0,2	g/ton TS

Lakning i icke-traditionella material												
Material	Cl	SO4	As	Hg	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	Zn	Enhet
Morän(L/S 2)					0,0002	0,002	0,0123	0,04	0,002	0,01	0,01	g/ton TS
Morän(L/S10), Mekedeby Morän A, metod CEN TC292/WG2, labb	800	1000	0,5	0,01	0,001	0,01	0,028	0,2	0,01	0,05	0,05	g/ton TS
Gummiklipp(L/S 2)												
Gummiklipp(L/S 10), metod PrEN12457, labb	0	0	0,0227	0,0002	0,00078	0,0295	0,0577	0,0431	0,0844	13,1	13,1	g/ton TS
Flygaska (L/S 2), från 1 ton aska Dragmossen, metod CEN /TC292/WG2	280	260	0,001	0,00002	0,0002	0,0374	0,0029	0,0005	0,0107	0,001	0,001	g/ton TS
Flygaska (L/S 10), från 1 ton aska Dragmossen, metod CEN /TC292/WG3	521	508	0,005	0,0001	0,0004	0,07870	0,0055	0,0025	0,0565	0,005	0,005	g/ton TS
Flygaska & Avloppsslam (L/S 10), försök i fält Dragmossen	521	530	0,5	0,5	0,01	0,08	7,87	2,33	0,0686	0,0029	0,0029	g/ton TS
Mesa (L/S 2&10), mesa från Frövi pappersbruk,metod prEN 12457, labb	0	1,317	0	0,014	0,003	0,2	0,114	0,088	1,267	0,527	0,527	g/ton TS
Mesa(L/S 2), mesa från Frövi pappersbruk,metod prEN 12457, labb	0	0,786	0,009	0,0014	0,0006	0,106	0,0426	0,0228	1,294	0,0994	0,0994	g/ton TS

4.1.3 Transportdata

Transporter (Källa: Göran Dewall)		
Fordonstyp	Volym	Enhet
Tung (maxlast 40 ton)	28	m3
Medeltung (maxlast 14 ton)	10	m3

Fyllnadsgrad som kan användas vid transporter av olika material beror av deras densitet (Källa: Ecoloop, Josef Máscik)	
Material	Fyllnadsgrad i procent (inkl återtransport)
Krossberg (grus 0-16, 0-32, 0-63)	50%
Gummiklipp (50*50mm2)	50%
Flygaska	50%
Mesa	50%
Geotextil	50%
Avloppslam	50%
Sand	50%
Jord	43%
Morän	40%
Bentonitmatta och skydds geotextil	37%

Energiåtgång vid transport / ton gods och km (Källa NTM)					
Fordonstyp	Fyllnadsgrad	Fossilt	Kärnkraft	Förnybar	Enhet
Tung (maxlast 40 ton)	50% (tom återtransport)	1,800			MJ/ton
Tung (maxlast 40 ton)	43% (tom återtransport)	2,100			MJ/ton
Tung (maxlast 40 ton)	40% (tom återtransport)	2,300			MJ/ton
Tung (maxlast 14 ton)	37% (tom återtransport)	2,500			MJ/ton

Energiåtgång					
Process	Dieselförbrukning	El-åtgång	Fossilt bränsle	Enhet	Referens
Krossning av berg	16,99	21,19		MJ/ton	Stripple
Tillverkning av geotextil	900	4200	21900	MJ/ton	Svingby
Tillverkning av bentonitlera		0,00792	0,02	MJ/ton	Wallén
Klippning av däck	144	3,6		MJ/ton	Peterson

4.2 Uträkningar till modelldeponierna

4.2.1 Transportuträkningar

Vikt för täckningsmaterialen i en traditionell täckning i en deponi (Mellersta Sverige) - Baserade på skrymdensitet			
Material	Lager	Värde	Enhet
Jord	Växtetableringsskikt	10500	ton/ hektar deponi
Morän	Skyddsskikt	16000	ton/ hektar deponi
Geotextil	Skydd mellan skydds- och dränskikt	1,1	ton/ hektar deponi
Sand (torr)	Dräneringsskikt	3200	ton/ hektar deponi
Bentonitlera (i bentonitmatta)	Tätskikt	46	ton/ hektar deponi
Geotextil (i bentonitmatta dvs två skikt)	Tätskikt	2,2	ton/ hektar deponi
Krossberg (grus 0-16, 0-32, 0-63)	Avjämningskikt	8500	ton/ hektar deponi
Total		38249	ton/ hektar deponi

Utsläpp från transporter av material /km* hektar deponi (traditionell täckning, Mellersta Sverige)							
Material	CO2	NOx	HC	CO	PM	SO2	Enhet
Morän	2,560	0,018	0,004	0,003	0,000	0,001	ton/km hektar deponi
Sand (torr)	0,480	0,003	0,001	0,001	0,000	0,000	ton/km hektar deponi
Bentonitmatta och geotextil	0,009	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	ton/km hektar deponi
Krossberg (grus 0-16, 0-32, 0-63)	1,105	0,007	0,002	0,001	0,000	0,000	ton/km hektar deponi
Total	4,154	0,028	0,007	0,005	0,000	0,001	ton/km hektar deponi

Energiåtgång vid transporter av material / km och hektar deponi (traditionell täckning, Mellersta Sverige)				
Material	Fossilt	Kärnkraft	Förnybar	Enhet
Morän	36800,000			MJ/ hektar deponi
Geotextil	1,980			MJ/ hektar deponi
Sand (torr)	6720,000			MJ/ hektar deponi
Bentonitmatta och geotextil	120,500			MJ/ hektar deponi
Krossberg (grus 0-16, 0-32, 0-63)	15300,000			MJ/ hektar deponi
Total	58942,480			MJ/ hektar deponi

Vikt för täckningsmaterialen i en icke-traditionell täckning i en deponi (hela Sverige) - Baserade på skrymdensitet			
Material	Lager	Värde	Enhet
Jord	Växtetableringsskikt	10500	ton/ hektar deponi
Morän	Skyddsskikt	14000	ton/ hektar deponi
Geotextil	Skydd mellan skydds- och dränskikt	1,1	ton/ hektar deponi
Gummiklipp (50*50mm2)	Dräneringsskikt	2970	ton/ hektar deponi
Flygaska	Tätskikt	1645,6	ton/ hektar deponi
Avloppsslam	Tätskikt	4498,3	ton/ hektar deponi
Mesa	Tätskikt	8150	ton/ hektar deponi
Flygaska	Avjämningskikt	5040	ton/ hektar deponi
Total med Flygaska+Avloppsslam		38655	ton/ hektar deponi
Total med Morän		40661	ton/ hektar deponi

Utsläpp från transporter av material /km* hektar deponi (icke-traditionell täckning, hela Sverige)							
Material	CO2	NOx	HC	CO	PM	SO2	Enhet
Morän	2,24000	0,01540	0,00378	0,00252	0,00027	0,00057	ton/km*hektar deponi
Geotextil	0,00014	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	ton/km*hektar deponi
Gummiklipp (50*50mm2)	0,38610	0,00252	0,00065	0,00042	0,00004	0,00010	ton/km*hektar deponi
Flygaska	0,21393	0,00140	0,00036	0,00023	0,00002	0,00005	ton/km*hektar deponi
Avloppsslam	0,58478	0,00382	0,00099	0,00063	0,00007	0,00015	ton/km*hektar deponi
Mesa	1,05950	0,00693	0,00179	0,00114	0,00012	0,00027	ton/km*hektar deponi
Flygaska	0,65520	0,00428	0,00111	0,00071	0,00008	0,00017	ton/km*hektar deponi
Total med Flygaska+Avloppsslam	4,08015	0,02743	0,00689	0,00450	0,00048	0,00104	ton/km*hektar deponi
Total med Mesa	4,34094	0,02914	0,00734	0,00478	0,00051	0,00111	ton/km*hektar deponi

Energiåtgång vid transporter av material / km och hektar deponi (icke-traditionell täckning, hela Sverige)				
Material	Fossilt	Kärnkraft	Förnybar	Enhet
Morän	32200			MJ/ hektar deponi
Geotextil	1,98			MJ/ hektar deponi
Gummiklipp (50*50mm2)	5346			MJ/ hektar deponi
Flygaska	2962,08			MJ/ hektar deponi
Avloppsslam	8096,94			MJ/ hektar deponi
Mesa	14670			MJ/ hektar deponi
Flygaska	9072			MJ/ hektar deponi
Total med Flygaska+Avloppsslam	57679			MJ/ hektar deponi
Total med Mesa	61290			MJ/ hektar deponi

Vikt för täckningsmaterialen i en traditionell täckning i en deponi (norra Sverige) - Baserad på skrymmdensitet			
Material	Lager	Värde	Enhet
Jord	Växtetableringsskikt	10500	ton/hektar deponi
Morän	Skyddsskikt	36000	ton/hektar deponi
Geotextil	Skydd mellan skydds- och dränskikt	1,1	ton/hektar deponi
Sand (torr)	Dräneringsskikt	3200	ton/hektar deponi
Bentonitlera (i bentonitmatta)	Tätskikt	46	ton/hektar deponi
Geotextil (i bentonitmatta dvs två skikt)	Tätskikt	2,2	ton/hektar deponi
Krossberg (grus 0-16, 0-32, 0-63)	Avjämningskikt	8500	ton/hektar deponi
Total		58249	ton/hektar deponi

Utsläpp från transporter av material /km* hektar deponi (traditionell täckning, norra Sverige)							
Material	CO2	NOx	HC	CO	PM	SO2	Enhet
Morän	5,7600	0,0396	0,0097	0,0065	0,0007	0,0015	ton/hektar deponi
Sand (torr)	0,4800	0,0032	0,0008	0,0005	0,0001	0,0001	ton/hektar deponi
Bentonitmatta och geotextil	0,0089	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	ton/hektar deponi
Krossberg (grus 0-16, 0-32, 0-63)	1,1050	0,0072	0,0019	0,0012	0,0001	0,0003	ton/hektar deponi
Total	7,3539	0,0501	0,0124	0,0082	0,0009	0,0019	ton/hektar deponi

Energiåtgång vid transporter av material / km och hektar deponi (traditionell täckning, norra Sverige)				
Material	Fossilt	Kärnkraft	Förnybar	Enhet
Morän	82800			MJ /hektar deponi
Geotextil	1,98			MJ /hektar deponi
Sand (torr)	6720			MJ /hektar deponi
Bentonitmatta och geotextil	86,76			MJ /hektar deponi
Krossberg (grus 0-16, 0-32, 0-63)	15300			MJ /hektar deponi
Total	104909			MJ /hektar deponi

4.2.2 Lakdata

Vattenkvot hos materialen			
Material	Värde	Procent	Referens
Krossberg	0,05	5%	Mácsik
Gummiklipp	0,01	1%	Mácsik
Sand	0,1	10%	Mácsik
Jord	0,75	75%	Mácsik
Flygaska	0,163	16,3%	Mácsik (2005)
Morän	0,15	15%	Mácsik
Mesa	0,22	22%	Pousette (2000)
Flygaska 50% och Avloppsslam 50%	1,12	112%	Mácsik (2005)

Torrdensiteter hos hårt packade material		
Material	Värde	Enhet
Krossberg	1,62	ton/m ³
Gummiklipp	0,98	ton/m ³
Sand	1,45	ton/m ³
Jord	1,20	ton/m ³
Flygaska	1,44	ton/m ³
Morän	1,74	ton/m ³
Mesa	1,34	ton/m ³
Flygaska 50% och avloppsslam 50%	0,57	ton/m ³

Vikt för täckningsmaterialen i en traditionell täckning i en deponi, baserat på torrdensitet			
Material	Lager	Värde	Enhet
Jord	Växtetableringsskikt	6000	ton/ hektar deponi
Morän	Skyddsskikt	13913	ton/ hektar deponi
Sand	Dräneringsskikt	2909	ton/ hektar deponi
Krossberg (grus 0-16, 0-32, 0-63)	Avjämningskikt	8095	ton/ hektar deponi

Vikt för täckningsmaterialen i en icke-traditionell täckning i en deponi baserat på torrdensitet			
Material	Lager	Värde	Enhet
Jord	Växtetableringsskikt	6000	ton/ hektar deponi
Morän	Skyddsskikt	12174	ton/ hektar deponi
Gummiklipp (50*50mm2)	Dräneringsskikt	2941	ton/ hektar deponi
Flygaska 50% och Avloppsslam 50%	Tätskikt	2830	ton/ hektar deponi
Mesa	Tätskikt	6680	ton/ hektar deponi
Flygaska	Avjämningskikt	4334	ton/ hektar deponi

Tid att nå L/S traditionell täckning				
Material	Skikt	L/S kvot	Värde	Enhet
Morän	Skyddsskikt	2	10	år
Morän	Skyddsskikt	10	48	år
Sand	Dränskikt	2	2	år
Sand	Dränskikt	10	10	år
Krossberg	Avjämningskikt	2	32	år
Krossberg	Avjämningskikt	10	162	år

Mängd vatten i kontakt med materialet per år, traditionell täckning			
Material	Skikt	Värde	Enhet
Morän	Skyddsskikt	0,21	ton/ton TS och år
Sand	Dränskikt	1	ton/ton TS och år
Krossberg	Avjämningskikt	0,062	ton/ton TS och år

Mängd vatten i kontakt med materialet per år, icke-traditionell täckning, OBS hela Sverige			
Material	Skikt	Värde	Enhet
Morän	Skyddsskikt	0,24	ton/ton TS och år
Gummiklipp	Dränskikt	0,99	ton/ton TS och år
Flygaska och Avlopp	Tätskikt	0,071	ton/ton TS och år
Mesa	Tätskikt	0,07	ton/ton TS och år
Flygaska, tätskikt av	Avjämningskikt	0,05	ton/ton TS och år
Flygaska, tätskikt av	Avjämningskikt	0,12	ton/ton TS och år

Läckage från skikt under 100 år, traditionell täckning													
Material	Skikt	Baserat på L/S	Cl	SO4	As	Hg	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	Enhet
Morän	Skyddsskikt	10	11130434,783	13913043,48	6956,522	139,130	13,913	139,130	389,565	2782,609	139,130	695,652	g/hektar deponi och 100 år
Sand	Dränskikt	10	0,000	0,000	87,273	29,091	2,909	58,182	290,909	58,182	58,182	581,818	g/hektar deponi och 100 år
Krossberg	Avjämningskikt	10	202380,952	0,000	242,857	80,952	8,095	161,905	809,524	161,905	161,905	1619,048	g/hektar deponi och 100 år

Läckage från skikt under 100 år, icke-traditionell täckning, OBS hela Sverige													
Material	Skikt	Baserat på L/S	Cl	SO4	As	Hg	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	Enhet
Morän	Skyddsskikt	10	9739130,435	12173913,043	6086,957	121,739	12,174	121,739	340,870	2434,783	121,739	608,696	g/hektar deponi och 100 år
Gummiklipp	Dränskikt	10	0,000	0,000	66,751	0,588	2,294	86,748	169,672	126,740	248,186	38521,78	g/hektar deponi och 100 år
Flygaska och	Tätskikt	10	1474528,302	21226415,094	1415,094	1415,094	28,302	226,415	22273,58	6594,340	194,151	8,208	g/hektar deponi och 100 år
Mesa	Tätskikt	2&10	0,000	8797,992	0,000	93,525	20,041	1476,352	761,557	587,869	8463,975	3520,533	g/hektar deponi och 100 år
Flygaska	Avjämningskikt	10	2257815,993	2201478,934	21,668	0,433	1,733	341,056	23,835	10,834	244,850	21,668	g/hektar deponi och 100 år

Vikt för täckningsmaterialen i en traditionell täckning i en deponi baserat på torrdensitet			
Material	Lager	Värde	Enhet
Jord	Växtetableringsskikt	6000	ton/ hektar deponi
Morän	Skyddsskikt	31304	ton/ hektar deponi
Sand (torr)	Dräneringsskikt	2909	ton/ hektar deponi
Krossberg (grus 0-16, 0-32, 0-63)	Avjämningskikt	8095	ton/ hektar deponi

Mängd vatten i kontakt med materialet per år, traditionell täckning			
Material	Skikt	Värde	Enhet
Morän	Skyddsskikt	0,093	ton/ton TS
Sand	Dränskikt	1,00	ton/ton TS
Krossberg	Avjämningskikt	0,062	ton/ton TS

Läckage från 1 hektar skikt under 100 år, traditionell täckning													
Material	Skikt	Baserat på L/S	Cl	SO4	As	Hg	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	Enhet
Morän	Skyddsskikt	10	25043478	3E+07	15652,17	313,0435	31,30435	313,0435	876,5217	6260,87	313,0435	1565,217	g/hektar deponi
Sand	Dränskikt	10	0	0	87,27273	29,09091	2,909091	58,18182	290,9091	58,18182	58,18182	581,8182	g/hektar deponi
Krossberg	Avjämningskikt	10	202380,95	0	242,8571	80,95238	8,095238	161,9048	809,5238	161,9048	161,9048	1619,048	g/hektar deponi

4.2.3 Bränsleåtgång och emissioner vid materialbehandling

Energiåtgång för processer som ingår i en traditionell täckning i Mellersta Sverige				
Process	Dieselförbrukning	El-åtgång	Fossiltbränsle	Enhet
Krossning av berg	144415	180115		MJ/ hektar deponi
Tillverkning av geotextil	2970	13860	72270	MJ/ hektar deponi
Tillverkning av bentonitlera	0	0,36432	0,92	MJ/ hektar deponi
Total	147385	193975,3643	72270,92	MJ/ hektar deponi

Energiåtgång för processer som ingår i en traditionell täckning i NORRA Sverige				
Process	Dieselförbrukning	El-åtgång	Fossiltbränsle	Enhet
Krossning av berg	144415	180115		MJ/ hektar deponi
Tillverkning av geotextil	2970	13860	72270	MJ/ hektar deponi
Tillverkning av bentonitlera	0	0,36432	0,92	MJ/ hektar deponi
Total	147385	193975,3643	72270,92	MJ/ hektar deponi

Energiåtgång för processer som ingår i en icke-traditionell täckning				
Process	Dieselförbrukning	El-åtgång	Fossiltbränsle	Enhet
Klippning av gummiklipp	427680	10692		MJ/ hektar deponi
Tillverkning av geotextil	990	4620	24090	MJ/ hektar deponi
Total	428670	15312	24090	MJ/ hektar deponi

Emissioner från processer som sker i Scenarie 1 - Mellersta Sverige								
Process	CO2	NOx	HC	CO	PM	SO2	CH4	Enhet
Krossning av berg	12,093222	0,10478381	0,007422931	0,01267229		0,006694541	3,24369E-05	ton/ hektar deponi
Tillverkning av geotextil	6,23304	0,013980384	0,000759726	0,001201741		0,00473814	1,485E-07	ton/ hektar deponi
Tillverkning av bentonitlera	7,77444E-05	1,54324E-07	7,728E-09	1,28447E-08		6,13209E-08	5,10048E-11	ton/ hektar deponi
Total	18,3	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	ton/ hektar deponi

Emissioner från processer som sker i Scenarie 1 - NORRA Sverige								
Process	CO2	NOx	HC	CO	PM	SO2	CH4	Enhet
Krossning av berg	12,093222	0,10478381	0,007422931	0,01267229		0,006694541	3,24369E-05	ton/ hektar deponi
Tillverkning av geotextil	6,23304	0,013980384	0,000759726	0,001201741		0,00473814	1,485E-07	ton/ hektar deponi
Tillverkning av bentonitlera	7,77444E-05	1,54324E-07	7,728E-09	1,28447E-08		6,13209E-08	5,10048E-11	ton/ hektar deponi
Total	18,3	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	ton/ hektar deponi

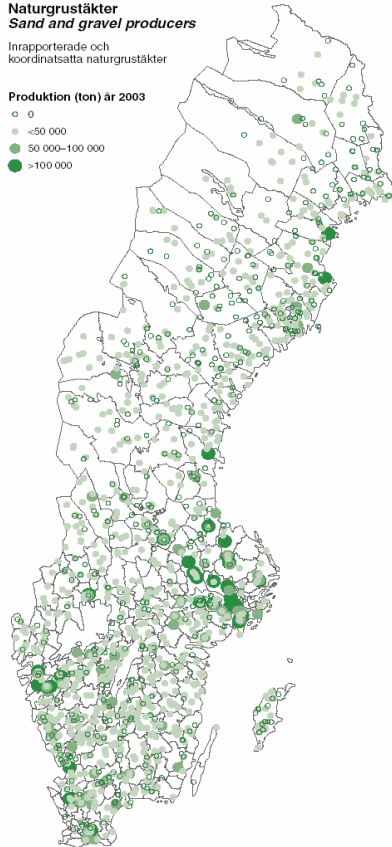
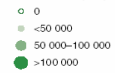
Emissioner från processer som sker i Scenarie 2								
Process	CO2	NOx	HC	CO	PM	SO2	CH4	Enhet
Klippning av gummidäck	33,8273	0,3055	0,0220	0,0364		0,0163	0,0000	ton/ hektar deponi
Tillverkning av geotextil	2,0777	0,0047	0,0003	0,0004		0,0016	0,0000	ton/ hektar deponi
Total	35,9050	0,3102	0,0222	0,0368	0,0000	0,0179	0,0000	ton/ hektar deponi

Bilaga 5 Kartbilder

Naturgrustäkter *Sand and gravel producers*

Inrapporterade och
koordinatsatta naturgrustäkter

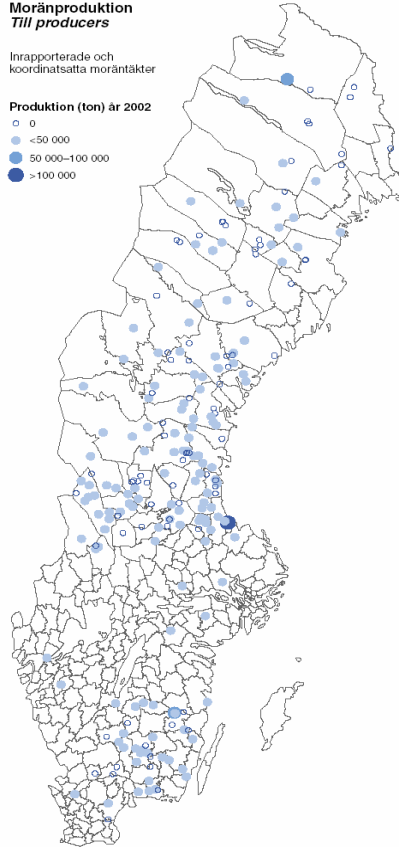
Produktion (ton) år 2003



Moränproduktion *Till producers*

Inrapporterade och
koordinatsatta moräntäkter

Produktion (ton) år 2002



Krossbergsproducenter *Crushed bedrock producers*

Inrapporterade och
koordinatsatta bergtäkter

Produktion (ton) år 2003

