



Miljø- og
Fødevareministeriet
Miljøstyrelsen

Udnyttelse af ressourcer og energi ved Landfill Mining Udvikling og demonstration af koncept

Miljøprojekt nr. 1982
Februar 2018

Udgiver: Miljøstyrelsen

Redaktion:

Jørgen Mølgaard Christensen, Biorem ApS

Lars Baltzer Overgaard, DGE Miljø- & Ingeniørfirma

René Møller Rosendal, Danish Waste Solutions

Henrik Felding, Kingo Karlsen A/S

Søren Nielsen, Renosyd I/S

Per Schultz Sundberg, Renosyd I/S

Per Reimann, DGE Miljø- & Ingeniørfirma

Gert Amdi Kjeldsen, Kingo Karlsen A/S

ISBN: 978-87-93614-69-7

Miljøstyrelsen offentliggør rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, som er finansieret af Miljøstyrelsen. Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter. Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

Må citeres med kildeangivelse

Indhold

1.	Forord	6
2.	Sammenfatning og konklusion	8
3.	Summary and conclusion	11
4.	Indledning	14
4.1	Baggrund og formål	14
4.2	Fremgangsmåde	14
5.	Indhentning af viden om landfill mining	16
5.1	Gennemførelse af et litteraturstudie	16
5.2	Studietur til Flandern, Belgien	16
6.	Juridiske, miljø-, regulerings- og afgiftsmæssige forhold	18
6.1	Fordele og ulemper ved LFM	21
6.2	Afgiftsmæssige forhold	23
6.3	Reguleringsmæssige forhold ved LFM	25
7.	Karakterisering og klargøring af lokaliteten	29
7.1	Historisk sitekarakterisering	29
7.1.1	Affald på etape 1	30
7.1.2	Membranforhold og perkolathåndtering	30
7.1.3	Geologi	32
7.1.4	Hydrogeologi	33
7.1.5	Omkringliggende recipienter	34
7.2	Prøveopgravning – materialekarakterisering i testområde	35
7.3	Non-invasive undersøgelser ved georadar og -tracer	36
7.3.1	Tolkning af de samlede resultater af non-invasive undersøgelser	46
7.3.2	Mulighederne for at benytte non-invasive målinger ved LFM	49
7.4	Arbejdsplan - metode til materialehåndtering, karakterisering af affaldet (typer, fraktioner, automatisering etc.)	49
7.4.1	Sortering af affaldet	51
7.4.2	Procesforløb ved afgravning og sortering	52
7.4.3	Håndtering af forurenede og farligt affald	53
7.4.4	Luftforurening og emissioner	55
7.4.5	Spildevand	56
7.4.6	Støj	56
7.4.7	Kontrol og dokumentation af opgravede mængder	56
7.4.8	Retablering af etape 1 efter opgravning	57
7.5	Forureningsmæssig status - herunder prøvetagningsplan og forundersøgelser for lossepladsgas og recipienter	57
7.5.1	Dokumentation af recipient Sønderbækken	57
7.5.2	Målinger af lossepladsgas	58
7.6	Arbejds miljø	61
7.6.1	Plan for Sikkerhed og Sundhed (PSS)	61

8.	Hovedafgravning samt for- og grovsortering af affaldet	63
8.1	Projektets etaper og varighed	63
8.2	Maskinel og mandskab	64
8.2.1	Maskiner	64
8.2.2	Mandskab	64
8.3	Blotlægning af deponiet - afgravning af dækjord på top og skrånninger	65
8.4	Opgravning, grovsortering og soldning af opgravede fraktioner	65
8.4.1	Forsortering inden sorteringsanlæg	65
8.4.2	Grovsortering i sorteringsanlæg	66
8.4.3	Resultater af for- og grovsorteringer	67
9.	Udsortering, karakterisering og afsætning af affaldsfraktioner	69
9.1	Eftersortering af grovfraktionen (ca. 211 ton)	70
9.2	Eftersortering af mellemfraktionen (ca. 504 ton)	71
9.3	Kartering og analyser af finfraktionen (i alt ca. 1.444 ton)	72
9.4	Eftersorteringens resultater	72
9.5	Oversigt 1: Fraktioner, som blev fraført i det aktuelle projekt	73
9.6	Oversigt 2: Materialetyper i det deponerede affald	75
9.8	Jordmængder beregnet	80
9.9	Gendeposering og midlertidig slutfodækning	80
9.10	Dokumentation af velfungerende dræn	82
10.	Evaluerings og anbefalinger	85
10.1	Projektering og planlægning	85
10.2	Etablering af plads	88
10.3	Opgravning og sortering	88
10.4	Afsætning	90
10.5	Klimareduktion ved Landfill Mining	91
10.6	Øvrige anbefalinger	93
11.	Forretningsmodel for LFM	94
11.1	LFM-scenarier	94
11.2	Paradigme for indregning af forhold ved beslutning om LFM	99
12.	Vidensformidling	103
12.1	Temadag om Landfill Mining	103
12.2	Danske og udenlandske præsentationer	104
12.3	Omtale i øvrige medier og pressen	104
13.	Referencer	105
Bilag 1	Litteraturgennemgang LFM	
Bilag 2	Situationsplan, Affaldscenter Skårup, Renosyd, Skanderborg	
Bilag 3	Situationsplan afgravningsområde	
Bilag 4	Analyserapport Sønderbækken	
Bilag 5	PSS	
Bilag 6	APV-dokument	
Bilag 7	Gas-instruks	
Bilag 8	Affaldsfraktioner – numre og betegnelser	
Bilag 9	Illustrativ fremlæggelse af GPS data	
Bilag 10	Illustrativ fremlæggelse af mængdeberegning vha. GPS data	
Bilag 11	Beregning af affaldets sammensætning	
Bilag 12	Fotos projektføreløb	

Bilag 13 Fotos fraktioner

Bilag 14 Fotos håndsortering

Bilag 15 Beregningsmodel for LFM-scenarier

Bilag 16 Beskrivelse og forklaring af omkostningsvariabler jf. bilag 15

1. Forord

Der er i øjeblikket i Danmark qua Regeringens Ressourceplan (Miljøstyrelsen, 2014) og resten af Europa et øget fokus på de knappe ressourcer og den cirkulære økonomi, som blandt andet er udtrykt i EU-kommissionens meddelelse om cirkulær økonomi (CØ) samt ændring af 6 affaldsdirektiver. Pakken sætter mål for en del af affaldshåndteringen i Europa frem til 2035. EU-Kommissionen lægger bl.a. op til, at 65 % af husholdningsaffaldet skal genanvendes i 2030, mens det for emballageaffald minimum er 75 %. Derudover indeholder pakken en række yderligere initiativer, der skal støtte overgangen til cirkulær økonomi.

Den 14. marts 2017 vedtog Europa-Parlamentet en række ændringsforslag til Europa-Kommissionens CØ-pakke. Dette omfatter en forslag til ændring af de såkaldte "affaldsdirektiver", herunder også deponeringsdirektivet. I den forbindelse lægger Parlamentets udspil op til, at Landfill Mining inkluderes i direktivet. Eksempelvis skal alle medlemsstater inden udgangen af 2015 kortlægge eksisterende deponier og lossepladser og indikere deres potentiale for Landfill Mining.

Deponeringsdirektivet afspejler, som det er udformet i dag, forudsætningen om, at når affald deponeres, så er det med endegyldig bortskaffelse for øje. Der er derfor heller ingen eksplicitte regler for Landfill Mining i EU-lovgivningen, og det kan medføre betydelige udfordringer og usikkerheder for private aktører, som ønsker at udforske muligheder og gevinster ved Landfill Mining.

Ved opgravning og genanvendelse af ressourcer kan Landfill Mining (LFM) bl.a. bidrage positivt til den ovenstående dagsorden ved at mindske råvaretrykket til udvinding og produktion af nye produkter. LFM er en proces, hvor tidligere deponeret affald opgraves og sorteres med det hovedformål at opnå miljømæssige, økonomiske eller samfundsmæssige fordele eller en kombination af flere.

Et dansk litteraturstudie fra 2009 (Rosendal 2009) konkluderede, at det er muligt at gennemføre LFM-projekter i Danmark, og at der er potentielle muligheder i indvinding af affald fra ældre "kontrollerede lossepladser", som er mere end 15 år gamle.

I Danmark er der ringe erfaring med LFM, og der er før dette projekt kun gennemført to pilotprojekter, som begge blev stoppet efter kort tid pga. udfordringer med sorteringsgrad og økonomi. Der er et behov for at udvikle nye og standardiserede metoder til udgravning og sortering af tidligere deponeret affald. Nærværende projekt har arbejdet med udvikling og test af egnede screenings- og sorteringsteknikker, som dels kan optimere gennemførelse af LFM her i landet og dels vil kunne eksporteres til andre lande. Som en vigtig del af projektet har parterne udarbejdet en beskrivelse af både forretningsmæssige og tekniske forhold, der skal tages hensyn til og vurderes inden opstart af et LFM-projekt.

Projektet vil bidrage til, at LFM i 2030 kan være i brug over hele EU, og at det vil være en vigtig bestanddel af en ressourceeffektiv, cirkulær og klimavenlig økonomi. Ved at sikre dette vil vi bidrage til, at EU's 150.000-500.000 deponier i fremtiden bliver en kilde til en væsentlig del af EU's fremtidige materiale-, energi- og arealbehov – en tankegang, der er i tråd med Regeringens Ressourcestrategi og den europæiske miljødagsorden.

Projektet er gennemført i perioden 1. december 2015 til 31. december 2016 og er udført af:

- Kingo Karlsen A/S,
- Renosyd I/S,
- DGE Miljø- og Ingeniørfirma A/S,
- Biorem ApS, og
- Dansk Affaldsforening repræsenteret af Danish Waste Solutions ApS

Repræsentanter fra de deltagende virksomheder har udgjort projektets styregruppe.

Projektet er gennemført med støtte fra det Miljøteknologiske Udviklings- og Demonstrationsprogram (MUDP), og der har været tilknyttet en følgegruppe bestående af:

- Thilde Fruergaard Astrup, Miljøstyrelsen (Formand)
- Jørgen Mølgaard Christensen, Biorem ApS (Projektleder)
- Jette Bjerre Hansen, DAKOFA
- Bjørn Malmgren-Hansen, Teknologisk Institut
- Mette Godiksen, Dansk Affaldsforening
- Sune Dowler Nygaard, Renosyd I/S (fra 16. november 2016 Teknologisk Institut)
- Morten Bondgaard, Region Midtjylland
- Hans Brok-Brandt, Skanderborg Kommune - Natur & Miljø
- René Møller Rosendal, Danish Waste Solutions ApS
- Lars Baltzer Overgaard, DGE Miljø- og Ingeniørfirma A/S
- Henrik Felding, Kingo Karlsen A/S
- Søren Nielsen, Renosyd I/S
- Per S. Sundberg, Renosyd I/S
- Heine Vind, Kingo Karlsen A/S (indtil 31. april 2016)
- Gert Amdi Kjeldsen, Kingo Karlsen A/S (pr. 1. maj 2016)

2. Sammenfatning og konklusion

Formålet med projektet har været at undersøge de tekniske og økonomiske fordele samt de miljømæssige aspekter ved at gennemføre opgravninger og sortering af tidligere deponeret affald fra Affaldscenter Skårup i Skanderborg – såkaldt Landfill Mining (LFM).

Målet var desuden at udvikle rammerne for en anvendelsesorienteret værktøj/fremgangsmåde til planlægning, udvælgelse og gennemførelse af fremtidige LFM-projekter på forskellige typer af deponier og lossepladser i ind- og udland. Herunder er der udarbejdet skitse til en forretningsmodel for, hvorledes forskellige forhold influerer på økonomi og samfundsmæssige fordele ved LFM-projekter.

Under projektet blev der indledningsvis foretaget litteraturstudier og hjemtaget tilgængelig viden om LFM i både ind- og udland, og rapportens Bilag 1 består af en omfattende gennemgang heraf. Sideløbende hermed blev der udarbejdet og indgivet ansøgning om miljøgodkendelse af den praktiske udførelse af LFM projektet. En ansøgning om LFM-miljøgodkendelse er et relativt omfattende arbejde, og der bør afsættes betydelige resurser hertil og til myndighedsbehandlingen.

Ligeledes blev der gennemført en undersøgelse af, hvilke juridiske og reguleringsmæssige forhold, der har indflydelse på gennemførelse af et LFM projekt. Og endelig blev der redegjort for, hvilke miljømæssige forhold, der gør sig gældende, og hvilke miljømæssige hensyn, der bør tages i forbindelse med gennemførelse af LFM. Som det fremgår af afsnit 6 er de reguleringsmæssige forhold ved opgravning og genanvendelse af affald relativt komplekse, hvilket kan have afgørende indflydelse på økonomien i et LFM projekt. Under projektet har det bl.a. været nødvendigt at få skattemyndighedernes præcisering af nogle af de afgiftsmæssige forhold, som tidligere ikke var afdækkede.

Før igangsættelsen af den fysiske opgravning og håndtering af affaldet, blev der lavet en omfattende forhåndsskarakterisering af den del af affaldsdeponiet, som skulle behandles. Der blev tilvejebragt affaldsregistreringer og anden historisk materiale om området og deponiets opbygning. Herunder blev der interviewet 'ældre' medarbejdere, og der blev undersøgt miljømæssige forhold og tidligere undersøgelser. Ydermere blev der gennemført en non-invasiv screening af deponi-etapen, hvor der blev tilvejebragt en tredimensional beskrivelse af nogle af materialeforholdene nede i affaldet. Og endelig blev der lavet en prøveopgravning, hvor der blev indhentet yderligere information om affaldssammensætningen og graveforholdene. Denne forhåndsskarakterisering af affaldet er vigtig for at kunne foretage en korrekt planlægning af selve LFM arbejdet.

Selve hovedopgravningen og de efterfølgende sorteringsoperationer var den væsentligste del af projektet, og der blev derfor lagt vægt på, at der blev indhentet og registreret størst mulig viden og erfaring både om forhold, som specifikt angik det konkrete forsøgsprojekt, og om mere generelle spørgsmål. Tidsmæssigt løb det praktiske projektarbejde fra den 8. august til den 11. oktober 2016. Der blev i denne periode afholdt ugentlige planlægningsmøder. Arbejdet blev dokumenteret med dagbogsnotater, fotograferinger og tidsregistreringer, og alle affaldsfraktioner blev vejret på Renosyds brovægt.

Opgravningen og grovsorteringen af affaldet blev foretaget ved brug af gravemaskine med sorter-grab. Ved denne forsortering kunne udsorteres store emner fra affaldet: Eksempelvis trærodder, bildæk, tømmer, møbler, større fundamentbrokker, tæpper og store, tunge stykker folie.

Efter forsorteringen blev affaldet ført gennem et rystesorteringsanlæg, hvor der i første række blev udsorteret i tre størrelsesfraktioner:

- En finfraktion med emner under 40 mm. Denne fraktion bestod hovedsageligt af jord med spor af små stykker affald.
- En mellemfraktion, som var vibreret gennem stave med 51 mm afstand.
- En grovfraktion, som blev tilbageholdt af de vibrerende stave.

På udløbene fra grovfraktionen og mellemfraktionen var der monteret magnetbånd, som opsamlede magnetiske jern-emner.

Desuden var der på udløbet fra grovfraktionen også monteret en plastfoliesuger, som blæste den lette plastfolie over i en særskilt lukket container.

Under udgravningen viste det sig, at affaldssammensætningen var væsentlig anderledes end forventet på baggrund af de registrerede oplysninger. Affaldet bestod for størstedelens vedkommende af husholdningsaffald med mindre mængder storskrald, i modsætning til den forventede sammensætning af hovedsageligt storskrald med mindre mængder af husholdningsaffald. Dette betød, at sorteringsprocesserne måtte justeres, og der blev eksempelvis udført gensortering af nogle af mellem- og grovfraktionerne på rystesorteringsanlægget, for at opnå en bedre fraktionering af affaldet.

Efter den maskinelle sortering af affaldet blev der udtaget ca. 500 kg af mellemfraktionen, som blev håndsorteret med henblik på at foretage en detaljeret karakterisering af affaldet i materialer typer. Resultaterne heraf er medtaget i beregningen af den overordnede affaldsfordeling vist i tabel 2.1.

Tabel 2.1 Resultat og materialekarakterisering, Skårup Deponi

Affaldskomponent	Samlet fordeling	
	I alt ton	%
Jord	1.578	75,7
Sten og brokker	266	12,8
Plastfolie	72	3,5
Træ	53	2,5
Tekstil, tæpper, tæpperester	44	2,1
Jern	32	1,5
Hård plast	23	1,1
Glas	8	0,4
Gummi (dæk og småt gummi)	8	0,4
	2.084	100,0

Under projektet blev der i alt opgravet og sorteret 2.084 tons affald. Efter karakteriseringen og vejningen af de enkelte fraktioner var affaldsfordelingen som vist i tabel 2.1, hvor fordelingen på de brandbare fraktioner er foretaget på baggrund af resultaterne af den manuelle eftersortering.

I forlængelse af den praktiske udførelse af projektet blev der på baggrund af de registrerede omkostninger ved projektet foretaget beregninger på økonomien ved gennemførelse af typiske LFM projekter ved brug af de i projektet anvendte metoder til opgravning og sortering.

Et af ønskerne med projektet har været udarbejdelse af en overordnet forretningsmodel for LFM, hvor de enkelte forretningsmæssige elementer vurderes og estimeres økonomisk. Da der ikke er to deponeringsanlæg/lossepladser, der er ens, vil indhold og output i sagens natur variere meget ved LFM-projekter. Samtidig vil incitamenterne til at foretage LFM være forskellige, og det vil derfor være urealistisk at foreskrive en fast forretningsmodel, som kan anvendes ved gennemførelse af LFM-projekter generelt.

Det blev derfor besluttet – i stedet for en egentlig forretningsmodel – at udarbejde et paradigme for, hvilke elementer, der skal indgå i en forretningsmæssig vurdering af et LFM-projekt, således at både de administrative hensyn og de erfaringer, som er indhentet ved gennemførelse af den praktiske del af projektet, bliver inddraget og vurderet. Som en hjælp ved anvendelsen af paradigmet blev der udarbejdet en række scenarier, der beskriver forskellige LFM-forhold med udgangspunkt i forholdene på Affaldscenter Skårup, hvor projektet er gennemført. For hver af disse scenarier er der gennemført beregninger, der viser den samlede økonomi ved gennemførelse af disse. Resultaterne af beregningerne på de valgte scenarier viser, at der samlet set vil være tale om omkostninger ved gennemførelse af LFM som beskrevet. Afhængig af de forskellige forhold er de samlede LFM omkostninger beregnet til mellem 28 kr. og 775 kr. pr tons affald.

Den udviklede beregningsmodel med inddragelsen af de økonomiske, miljømæssige og samfundsmæssige aspekter vil være et brugbart værktøj i den fremtidige kortlægning af affaldsdeponierne og deres potentiale for LFM, som ønsket i EU's reviderede deponeringsdirektiv.

3. Summary and conclusion

The aim of the project is to provide an insight into the technological and economic benefits and environmental aspects of excavation as well as sorting of pre-landfilled waste from Skårup Landfill, located in Skanderborg – by so-called Landfill Mining (LFM)

The objective is to develop an application-oriented assessment tool/procedure to plan, select and perform future LFM-projects at different landfills in Denmark and abroad. An outline of a business model is prepared in the project, and a range of factors influencing the economy and social benefits of LFM projects is discussed.

Initially, a comprehensive literature study on available knowledge of LFM from Denmark and abroad was carried out and is enclosed this report as Annex 1. In parallel, an application for environmental approval on the practical implementation of the LFM project was prepared and submitted. It should be noted that the application for an environmental approval is rather time and resource consuming.

In addition, the legal and regulatory issues affecting the implementation of an LFM project were investigated. Finally, environmental impacts and environmental concerns of the LFM completion have been described. As described in section 6, the regulatory aspects of excavation and recycling of waste are relatively complex, which can have a decisive influence on the economy of an LFM project. It has been necessary to get the tax authorities to clarify some legal issues on the levy conditions.

Prior to the physical excavation and management of waste, a detailed pre-characterization of the actual landfill unit was made. Both registrations of waste and other historical material about the area and the landfill were collected by means of e.g. interviews with former employees, environmental status and former investigations. Furthermore, a non-invasive screening of the landfill stage was initiated to get a three-dimensional description of the material conditions in the waste. Finally, a test excavation was made to get more information about the composition of the waste and the conditions for excavation. This pre-characterization of waste is important for correct planning of the main LFM project.

The excavation and the subsequent sorting operations, which ran from 8 August to 11 October 2016, were the main part of the project. During this period, weekly planning meetings were conducted. The work was documented in a daily journal, photographs and timesheets, and all waste fractions were weighed on the weighbridge at the Renosyd Landfill.

Excavation and sorting of the coarse waste fraction were carried out using an excavator with a sorting grapple. This pre-sorting was able to separate bulky items from the rest of the waste; e.g. tree roots, tires, lumber, furniture, major foundation bricks, carpets and large, heavy pieces of plastic film.

After pre-sorting, the waste was passed through a vibrating sorting plant where it was separated into three particle size fractions:

- A fine fraction (<40 mm); this fraction consisted of soils and small pieces of waste
- A mid-size fraction (40-51 mm)
- A coarse fraction (>51 mm)

Magnets were mounted at the outlet of the coarse and mid-size fractions in order to separate magnetic metal.

Moreover, at the outlet from the coarse fraction, a plastic foil suction module was mounted, which blew the light plastic fractions into a separate closed container.

During the excavation, it appeared that the waste composition was significantly different than expected based on the historical data collected. The waste consisted for the most part of household waste with minor amounts of bulky waste. This meant that the sorting processes had to be adjusted and re-sorting of some of the mid-size and coarse fractions were performed to achieve a better fractionation of the waste.

After the mechanical sorting, a sample of 500 kg of the mid-size fraction was hand-sorted to make a detailed characterization of the waste in different material types. The results of the hand-sorting test were used to estimate the material composition of the excavated material as shown in table 3.1.

Table 3.1 Result and material characterization, Skårup Landfill

Waste Fraction	Total Results	
	Total tons	%
Soil	1.578	75,7
Stones and Bricks	266	12,8
Plast foil/film	72	3,5
Wood	53	2,5
Textiles, carpets, carpet residues	44	2,1
Metal/Iron	32	1,5
Hard plastics (PVC)	23	1,1
Glass	8	0,4
Rubber (tires and small rubber parts)	8	0,4
	2.084	100,0

During the project, a total of 2,084 tons of waste was excavated and sorted. After the characterization and weighing of the different fractions, the results are shown in table 3.1 where the inventory of the combustible fraction is carried out based on the results of the manual after sorting.

Following the practical implementation and recorded project costs economic calculations were made on implementation of typical LFM projects using the specific methods of excavation and sorting from this project.

In the implementation of the LFM project, one of the objectives was to develop a comprehensive business model for LFM, where individual business factors were assessed and estimated economically. However, since there are not two landfills which are identical, the content and output of such an assessment will vary. At the same time, the incentives to do LFM can be different, and therefore it would be unrealistic to make a business model that can be used for general implementation of LFM projects. Instead, it was decided to develop a paradigm for the items to be included in a commercial assessment of an LFM project so that both the administrative and the practical experiences are accounted for and assessed. As a help to use the paradigm several different scenarios based on “real” conditions from Skårup Landfill were de-

scribed. For each of these scenarios, we have performed calculations showing the overall economy of implementation. The results of the calculations on the selected scenarios show that, overall, there will be a cost of implementing LFM and very little revenues. Depending on the different circumstances the total LFM costs are calculated to be between DKK 28 and DKK 775 per ton of waste.

The developed business model which includes the economic, environmental and social aspects will be a useful tool in the future mapping of landfills and their LFM potential, as requested in the revised EU landfill directive.

4. Indledning

4.1 Baggrund og formål

Nærværende projekt er et forsøgsprojekt med opgravning, sortering og karakterisering af tidligere deponeret affald fra etape 1 på Affaldscenter Skårup i Skanderborg. Etapen blev opfyldt i perioden 1979-1981 og rummer ca. 45.000 m³ affald. Ifølge fyldhistorikken forventedes etapen at indeholde storskrald, industriaffald, bygge- og anlægsaffald samt dagrenovation. Industriaffaldet er primært storskraldlignende affald.

Formålet med projektet er primært at undersøge de tekniske og økonomiske fordele samt de miljømæssige aspekter ved LFM. Det er hensigten at undersøge følgende aspekter af LFM:

- At udarbejde retningslinjer/paradigme for beslutning om og gennemførelse af LFM-projekter på affaldsdepoter i fremtiden.
- At fremskaffe viden om de tekniske udfordringer og løsningsmuligheder ved LFM.
- At fremskaffe viden om de miljømæssige aspekter ved LFM (såvel arbejdsmiljø som eksternt miljø).
- At fremskaffe viden om de omkostninger og indtægter, som LFM indebærer f.eks.:
 - Omkostninger ved kortlægning og blotlægning af deponiet
 - Omkostninger ved opgravning af deponiet
 - Omkostninger ved sortering, rensning og anden håndtering af affaldskomponenterne
 - Indtægter ved salg til genanvendelse af de affaldstyper, som kan genanvendes
 - Fremtidige besparelser på monitoring og behandling af perkolat samt håndtering af gasemissioner.

4.2 Fremgangsmåde

Projektet indeholdt følgende 3 fysiske aktiviteter på pladsen:

1. Karakterisering og klargøring af lokaliteten.
Før der iværksattes egentlige opgravninger af affald, blev der foretaget en nærmere undersøgelse af det område, som var udvalgt til projektet. Projektet omfattede en nedlukket etape af deponiet.
2. Afgravning og grovsortering af affald.
Gennemførelsen af hovedopgravningen var den væsentligste del af projektet, som var planlagt til at omfatte opgravning og grovsortering af op til ca. 5.000 ton affald
3. Udsortering og karakterisering af affaldsfraktioner.
Udsortering af de soldede og grovsorterede restfraktioner af affald var en vigtig del af projektet, idet der gennem dette trin kunne frembringes affaldsfraktioner, der var egnede til genanvendelse og nyttiggørelse og dermed tilførtes ny værdi.

Inden afgravning blev der foretaget en screening med non-invasive undersøgelser, hvor der blev anvendt en kombination af Ground Penetration Radar (GPR) og Groundtracer-analyser til at få et tredimensionalt billede af deponiets indhold af forskellige typer stoffer samt til at vise tilstedeværelsen af større emner. Metoden er tidligere benyttet ved undersøgelser af forurenede jord og grundvand, men har ikke tidligere været anvendt til undersøgelser af deponiers affaldssammensætning. Det er forventet, at metoden i fremtiden kan give værdifuld information om sammensætningen af affaldsmængderne i deponier, og at den kan benyttes til at udvælge egnede lokaliteter med højt indhold af genanvendelige materialer.

Forud for gravearbejdet blev der udarbejdet en detaljeret historisk beskrivelse af anlæggets opbygning og miljøforanstaltninger m.m. samt gennemført en række forundersøgelser som forudsat i miljøgodkendelsen. Desuden blev der fastlagt en række forholdsregler m.m. i forhold til påvirkning af det interne og eksterne miljø samt arbejdsmiljøet. Efter opgravning blev der udarbejdet en detaljeret redegørelse for de opgravede fraktioner.

5. Indhentning af viden om landfill mining

5.1 Gennemførelse af et litteraturstudie

I forbindelse med projektet blev der afsat penge til gennemførelse af et litteraturstudie af eksisterende danske såvel som internationale erfaringer med landfill mining.

Formålet var at beskrive "State of the Art" inden for landfill mining, herunder relevante beskrivelser af forundersøgelser, opgravning, neddeling, sortering, vask, magneter mv. samt oplysninger med hensyn til produktafsætning, økonomi, miljømæssige forhold samt arbejdsmiljø m.v. Litteraturstudiet og gennemgangen skulle tjene som inspiration for udvikling og fremdrift af demonstrationsprojektet på Skårup Deponi.

I 2009 publicerede RenoSam et litteraturstudie "*Landfill Mining - Process, Feasibility, Economy, Benefits and Limitations*" (Rosendal 2009), der kortfattet beskrev erfaringer fra udlandet samt processen, de økonomiske forhold samt fordelene og ulemperne ved landfill mining. Litteraturstudiet konkluderede, at det var muligt at gennemføre landfill mining projekter i Danmark, og at der var potentielle muligheder i opgravning og genanvendelse af affald fra ældre "kontrollerede lossepladser", som er mere end 15 år gamle.

I 2009, da den første litteraturgennemgang blev offentliggjort, var erfaringerne med landfill mining meget begrænsede, og det var generelt ret svært at finde gode, pålidelige data og dokumentation fra tidligere gennemførte projekter rundt om i Europa, USA og Asien.

Siden 2009 og særligt de seneste 2-3 år er der sket en udvikling i antallet af demonstrations- og forsøgsprojekter - særligt i Nordeuropa, etableringen af nationale og fælles europæiske netværk samt konferencer og artikler om emnet. Der er kommet øget fokus på landfill mining og på den europæiske ressourcedagsorden.

I nærværende litteraturgennemgang valgte vi at fokusere på de europæiske projekter. Der blev indsamlet oplysninger og data fra de mest velbeskrevne projekter fra hhv. Danmark, Belgien (Flandern), Sverige, Tyskland, Østrig, Finland og Estland. Litteraturstudiet er vedlagt som [Bilag 1](#).

5.2 Studietur til Flandern, Belgien

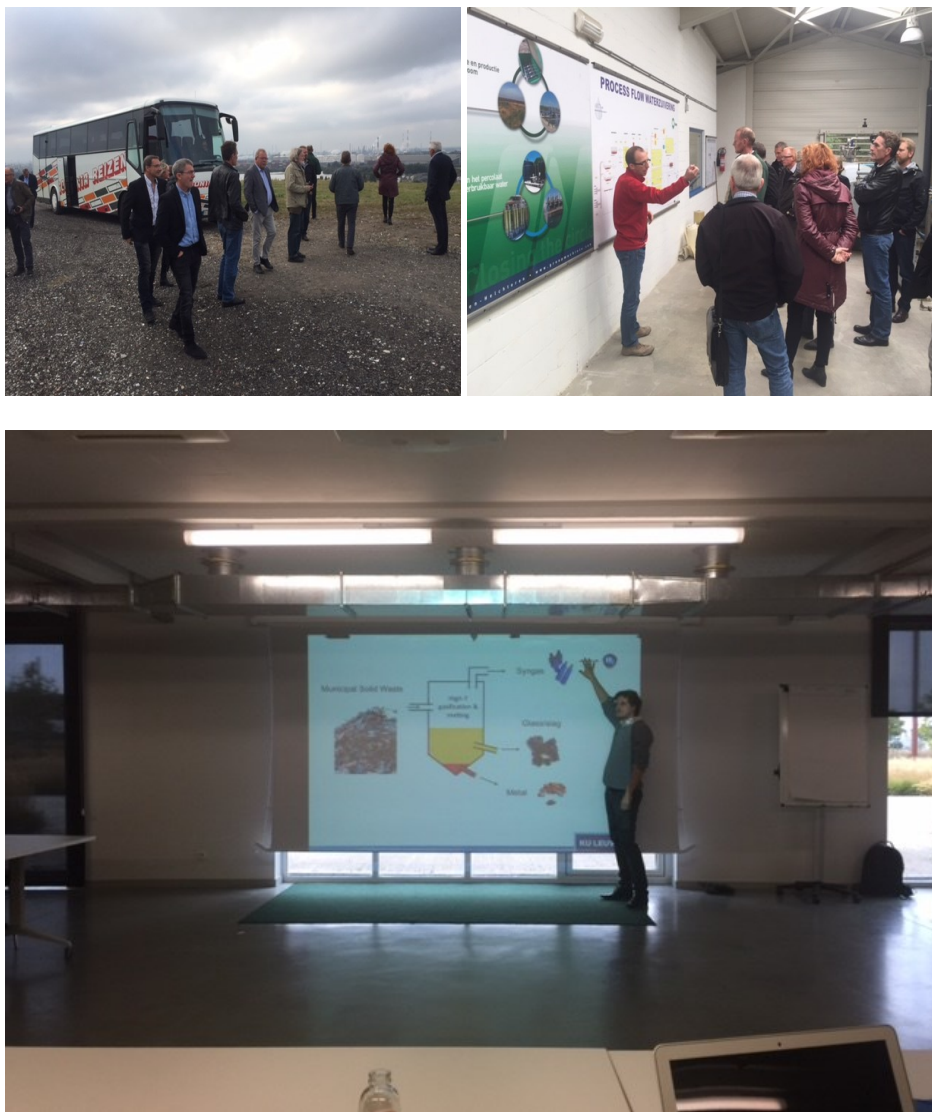
I forbindelse med tilsagn til projektet blev der afsat midler til et studiebesøg. På styregruppemødet den 12. januar 2016 blev det besluttet at undersøge mulighederne for at besøge et igangværende landfill mining projekt med det formål at få en bedre indsigt i mulighederne af maskinel og sorteringsudstyr.

Der blev gennemført en rundspørge blandt EURELCO's medlemmer for at undersøge, om der var nogen igangværende projekter, hvilket ikke var tilfældet. Det blev derfor besluttet at tage til Flandern i Belgien, som er det land, der er kommet længst med gennemførelse af Landfill Mining projekter og policy udvikling blandt andet med dannelsen af et såkaldt ELFM-konsortium.

I samarbejde med DepoNet blev der gennemført en fælles studietur den 6.-7. oktober 2016 med det overordnede formål at blive klogere på deres erfaringer med gennemførelse af landfill mining projekter og udvikling af policy udvikling og visioner for området. Studieturen var en

kombination af forskellige præsentationer og feltbesøg på udvalgte deponerings- og affaldsanlæg.

Billede 5.1 Udvalgte billeder fra studietur til Flandern, Belgien



6. Juridiske, miljø-, regulerings- og afgiftsmæssige forhold

I det efterfølgende afsnit beskrives en række fordele og ulemper ved LFM. De er opdelt i to hovedgrupper: En for depoter (primært offentligt ejede deponeringsanlæg) og en for fyld- og lossepladser (der kan være V1- og V2-kortlagte i henhold til Jordforureningsloven). Desuden beskrives en række juridiske og reguleringsmæssige forhold i forhold til afgifter, arbejdsmiljø, miljø og godkendelse m.m.

Landfill Mining (LFM) er en proces, hvor fast affald, der tidligere er blevet deponeret, opgraves og sorteres for genanvendelse, anden nyttiggørelse eller bortskaffelse.

I Danmark har vi i mange år (siden starten af 1980'erne) kildesorteret og genanvendt vores affald efter Affaldshierakiets principper, og dermed har vi som et af de få lande i Europa ned-bragt mængden til deponi til et meget lavt niveau. Fund af store mængder genanvendeligt affald ved LFM vil kun forventes ved ældre deponeringsanlæg samt fyld- og lossepladser. I udlandet findes deponeringspladser fra specifikke industrivirksomheder, som indeholder ensartet affald, fx fra glas- eller metalindustri, hvor det kan være mere økonomisk eftertragtet at benytte LFM. I Danmark har vi et mindre antal deponeringsanlæg, som fortsat deponerer eksempelvis shredderaffald (farligt affald) på mono-celler, mens et par allerede er nedlukkede.

LFM-processen indeholder typisk en mekanisk sortering af affaldet i en eller flere af fraktionerne: Genanvendelige materialer, brændbart affald og jord.

LFM er benyttet over hele verden med følgende hovedformål:

- Bedre udnyttelse af deponeringsplads
- Reduktion af deponeringsanlægsareal
- Forlængelse af deponeringsanlægs levetid
- Eliminering af farlige materialer og affald som kilde til forurening
- Kildejernelse til eksisterende forurening
- Udnyttelse af energi fra deponeret affald
- Genanvendelse af affaldsmaterialer
- Reduktion af deponeringsomkostninger
- Ny anvendelse af deponeringsareal
- Reduktion af omkostninger til efterbehandling, fx håndtering af perkolat.

Miljøstyrelsen opgjorde i 1986 antallet af danske lossepladser til omtrent 3.500, hvoraf ca. 20% vurderes at udgøre en umiddelbar trussel mod miljøet. Regionerne har i 2014 opgjort antallet af kortlagte fyld- og lossepladser til ca. 3.000, hvoraf 1.122 ligger inden for en kritisk afstand til overfladevand. I 2007 blev antallet af aktive danske deponeringsanlæg opgjort til 140 anlæg. Efter implementeringen af EU's deponeringsdirektiv i 2009 er der sket en kraftig reduktion i antallet af deponeringsanlæg i Danmark, så der i 2016 kun var 41 anlæg i drift, heraf er 36 offentligt ejet. De igangværende anlæg kan modtage fire affaldsklasser: Blandet, inert, mineralsk og farligt affald.

Anlæg til modtagelse af affald til deponering kan overordnet inddeles i en række anlægstyper afhængigt af de affaldstyper, der modtages, indretningen af pladserne samt den lovgivning, der har været gældende. I det følgende er der givet en kort beskrivelse af de forskellige typer lossepladser/deponeringsanlæg, som gennem tiderne har haft mange forskellige betegnelser. De ældste af de lossepladser, som kan være relevante i forhold til risikovurderingsmetodikken, stammer formentlig fra første halvdel af sidste århundrede. Indtil 1974, hvor den første danske vejledning i affaldsdeponering introducerede begrebet "kontrollerede lossepladser" og kravet om dræn- og membransystemer til opsamling af perkolat, var miljøbeskyttende foranstaltninger ringe eller fraværende. Lossepladser blev ofte anbragt i gamle råstofgrave, hvilket kunne føre til forurening af særligt sårbare grundvandsområder.

Op til ca. 1997, hvor Vejledning fra Miljøstyrelsen Nr. 9: Affaldsdeponering udkom, kunne der identificeres tre hovedtyper af anlæg eller enheder, nemlig fyldpladser, lossepladser/deponeringsanlæg og specialdepoter. De kategorier af affaldsenheder, som blev beskrevet i vejledningen fra 1997 svarer stort set til dem, vi kender i dag efter implementeringen af deponeringsdirektivet, først i BEK 250/2001, derefter også sammen med den tilhørende rådsbeslutning i BEK 252/2009, og senest i BEK 1049/2013: enheder for henholdsvis inert, ikke-farligt (mineralsk eller blandet) og farligt affald. De enkelte typer er kort omtalt i det følgende.

Fyldpladser

På en fyldplads er der i princippet deponeret affald, som kun i ringe grad forventes at kunne udgøre en risiko i forhold til grundvand og/eller overfladevand m.m. Det drejer sig primært om bygge- og anlægsaffald samt andet affald, som anses for at have et begrænset indhold af opløselige og nedbrydelige materialer og uden indhold af miljøskadelige stoffer. Derudover deponeres der evt. haveaffald og jord på baggrund af en konkret vurdering af forureningsrisikoen. Fyldpladser kunne derfor placeres, indrettes og retableres med begrænsede miljøbeskyttende foranstaltninger (Miljøstyrelsen, 1982). Fyldpladser etableret før 1974 betegnes som ukontrollerede.

Lossepladser/deponeringsanlæg

På en losseplads/et deponeringsanlæg deponeres affald, som straks eller på et senere tidspunkt kan forårsage en forurening af grundvand og/eller overfladevand m.m. Der kan have været deponeret dagrenovation, storskrald, haveaffald, industriaffald mv., som evt. sammenblandes på pladsen. Lossepladser etableret før 1974 betegnes som ukontrollerede.

Efter 1974 er der sket en stor udvikling i forhold til at sikre de kontrollerede lossepladser, hvor bl.a. membraner i starten var meget tynde og af ringe kvalitet. En kontrolleret losseplads/et deponeringsanlæg skal indrettes med en eller flere membraner, som sikrer mod nedsivning til grundvandet, samt et drænsystem over membranen, som bortleder perkolatet til rensning. En membran kan dog undlades, såfremt undersøgelser og en risikovurdering har dokumenteret, at det er forsvarligt. Perkolatet skal opsamles og bortskaffes i forbindelse med produktionen, så en evt. ophobning i affaldet undgås.

Desuden stilles der krav til sikring i forhold til afstrømning af evt. overfladevand, som skal opfanges og ledes via dræn/grøft til et bassin med henblik på kontrolleret udledning, ligesom evt. lossepladsgas skal opsamles og udnyttes.

Specialdepoter

En losseplads/et deponeringsanlæg, hvor der deponeres en enkelt eller et begrænset antal affaldstyper med en kendt sammensætning, kaldes for et specialdepot. Der kan her være tale om deponering af slagger, flyveaske, spildevandsslam, forurenede jord og andre tilsvarende veldefinerede affaldstyper. Også her betegnes pladser etableret før 1974 som ukontrollerede.

Med vejledningen fra 1997 introduceredes de typer af deponeringsenheder, som vi anvender i dag: enheder for henholdsvis inert, mineralsk og blandet affald, hvor der så yderligere med den første implementering af EU's deponeringsdirektiv (1999/31/EF) tilkom enheder for farligt affald.

Nedlukkede miljøgodkendte anlæg

Disse anlæg er typisk nedlukket i forbindelse med implementeringen af deponeringsdirektivet i Danmark (perioden 1999 til 2009, men også før), og er pt. i efterbehandlingsfasen (min. 30 år).

Det drejer sig om miljøgodkendte anlæg, der har haft miljømæssige forpligtigelser med hensyn til perkolatopsamling/-behandling og -analyser. Anlæggene lever typisk ikke op til deponeringsbekendtgørelsens krav til membraner (men der er som minimum en lermembran eller plastmembran), eller de er opfyldte og løbet tør for deponeringskapacitet. Underkategorien omfatter følgende typer, som hver især typisk modtager de anførte affaldstyper:

- Lossepladser: Dagrenovation og andet husholdningsaffald, storskrald, erhvervsaffald, aske, slagger, bygge- og anlægsaffald, asbest, shredderaffald, slam, haveaffald m.m.
- Kommunale og private fyldpladser: Bygge- og anlægsaffald, forurennet jord og storskrald, husholdningsaffald
- Specialdepoter: Typisk forurennet jord, askedepoter eller specialfraktioner fra en virksomheds produktion

Denne underkategori er karakteriseret ved at omfatte meget forskellige typer af anlæg, og deres indretning afhænger af anlæggets alder. Der foreligger generelt bedre data, men sjældent meget detaljerede data for, hvad der er deponeret i hvilke mængder. Data for disse anlæg kan typisk findes via kommunernes, affaldsselskabernes og virksomhedernes arkiver.

Der er fortsat krav om monitorering og perkolatbehandling, og der måles og analyseres på anlæggene (perkolat, grundvand og evt. gasmålinger). Desuden kan der findes anvendeligt tegningsmateriale. For nogle af anlæggene foreligger der ganske omfattende data (godkendelser, tilsynsnotater, risikovurderinger, landmålinger mv.), som kan anvendes som grundlag for kvantitative vurderinger af mængder, højde, areal osv. Miljøstyrelsen Virksomheder har (pr. 2016) 97 af denne type anlæg under deres ansvarsområde, mens kommunerne har de små deponeringsanlæg, som ikke er omfattet af listepunkt 5.4 i godkendelsesbekendtgørelsen, og som ikke på anden vis hører under statens tilsyns- og godkendelseskompetence. MST Virksomheder kan således føre tilsyn med såvel kommunale som private deponeringsanlæg/lossepladser

Igangværende anlæg

Disse anlæg omfatter miljøgodkendte anlæg, der har godkendelsesmæssige krav om perkolatopsamling/-behandling og -analyser. De nedlukkede og afsluttede etaper på sådanne anlæg kan eventuelt ikke overholde deponeringsbekendtgørelsens krav til membran.

Tabel 6.1 Gruppering af lossepladser og deponeringsenheder på basis af lovgivningsgrundlag og teknisk udviklingsniveau.

Pladstype		Miljøgodkendelse	Membran- og perkolatopsamlings-systemer	Sandsynlig/mulig opfyldningsperiode
Lossepladser* (enheder)	Nedlagte	Nej	Nej	1920 - 1980
	Ukontrollerede	Ja	Nej	1970 - 2009
	Kontrollerede	Ja	Ja (men af ringere standard end i dag)	1970 - 2009
Deponeringsenheder	Yderligere reducerede krav	Ja	Nej	1970 -> (de fleste nedlukkede) 1990 ->
	Normale krav	Ja	Ja	1990 ->

*: Befinder sig alle i passiv drift eller (for de kontrollerede lossepladser) i efterbehandling.

6.1 Fordele og ulemper ved LFM

Dansk lovgivning opdeler arealer med deponeret affald i to kategorier, henholdsvis som deponeringsanlæg i henhold til Deponeringsbekendtgørelsen, BEK nr. 1049 af 28/08/2013, og arealer, der er V1- eller V2-kortlagte i henhold til Jordforureningsloven, BEK nr. 1190 af 27/09/2016. Sidstnævnte er i det følgende kaldt fyld- og lossepladser.

Deponier

Deponeringsanlæg er meddelt Miljøgodkendelse af Miljøstyrelsen i henhold til Bilag 1, Listepunkt 5.4 Deponeringsanlæg i Godkendelsesbekendtgørelsen (BEK nr. 514 af 27/05/2016) - eller tidligere udgaver heraf.

"Deponeringsanlæg, som defineret i artikel 2, litra g) i Rådets direktiv 1999/31/EF om deponering af affald 2), er anlæg, som modtager over 10 ton affald om dagen eller har en samlet kapacitet over 25.000 ton, undtagen deponeringsanlæg til inert affald". Deponeringsanlæg opdeles i tre kategorier: deponeringsanlæg for farligt affald, deponeringsanlæg for ikke farligt affald og deponeringsanlæg for inert affald (affald, som ikke går i forrådnelse, og som ikke er brændbart, såsom grus, sand og sten).

Fordele ved LFM på deponier

LFM på et af de i driftsværende og lukkede deponier kan have følgende fordele:

- Bedre udnyttelse af deponeringskapacitet
- Udsættelse af nedlukningsomkostninger på grund af længere driftstid
- Indkomst fra salg af genanvendelige materialer
- Salg af brændbare materialer som brændsel
- Genanvendelse af ikke-forurenet eller let forurenet jord fra afdækning
- Reduktion i omkostninger til perkolathåndtering
- Reduktion i metan-bidrag til atmosfæren
- Reduktion i omkostninger til efterbehandling
- Reduktion i sikkerhedsstillelse

Fyld- og lossepladser

Ejendomme, der er V1- eller V2-kortlagte i henhold til Jordforureningsloven (BEK nr. 1190 af 27/09/2016 af lov om forurenet jord):

§ 4. Et areal betegnes som kortlagt på vidensniveau 1, hvis der er tilvejebragt en faktisk viden om aktiviteter på arealet eller aktiviteter på andre arealer, der kan have været kilde til jordforurening på arealet.

§ 5. Et areal betegnes som kortlagt på vidensniveau 2, hvis der er tilvejebragt et dokumentationsgrundlag, der gør, at det med høj grad af sikkerhed kan lægges til grund, at der på arealet er en jordforurening af en sådan art og koncentration, at forureningen kan have skadelig virkning på mennesker og miljø.

§ 6. Som et led i kortlægningen efter § 4 og § 5 fastlægger regionsrådet med henblik på en videre offentlig indsats de arealer, hvor der er forurening eller forureningskilder, der kan:

- 1) have skadelig virkning på grundvand,
- 2) have skadelig virkning på overfladevand,
- 3) have skadelig virkning på internationale naturbeskyttelsesområder eller
- 4) have skadelig virkning på mennesker på et areal med bolig, børneinstitution eller offentlig legeplads.

Fordele ved LFM på fyld- og lossepladser

LFM på ejendomme, der er registreret i henhold til Jordforureningsloven, kan have følgende fordele:

- Fraførsel (tømning) af affald fra gamle lossepladser vil være en stor miljømæssig fordel og beskyttelse af jord, grundvand, overfladevand og naturbeskyttelsesområder mod forurening.
- Ejendommen får en større økonomisk værdi.
- Naboejendomme, der er påvirket af lossepladsgas fra fyld- og lossepladser, vil få en større værdi, hvis pladserne fjernes.
- I enkelte tilfælde kan der være indkomst ved genanvendelse eller salg af materialer.
- Hvis det offentlige (regionerne) ikke vælger at oprydde lossepladsen af miljømæssige hensyn, kan private måske se et økonomisk incitament ved benyttelse af LFM til oprydning og fjernelse af gamle fyld- og lossepladser, når der samtidig kan frigøres et værdifuldt areal til bebyggelse eller anden anvendelse.

Fordele ved LFM (Generelt)

Nedenfor er listet en række fordele på både på den korte og den lange bane, hvor tidligere deponerede ressourcer kommer tilbage i kredsløbet samtidigt med, at en potentiel miljørisiko elimineres til glæde for fremtidige generationer.

- Ved LFM sorteres affald i genbrugsfraktioner, så der er en miljømæssig fordel ved genbrug af affaldsfraktioner, hvis det er muligt.
- Jern, aluminium, kobber og andre metaller kan frasorteres fra det tidligere deponerede materiale og substituere brugen af jomfruelige materialer.
- Plastik og glas kan frasorteres fra det tidligere deponerede materiale og substituere brugen af jomfruelige materialer.
- Forbrændingsegnet affald, der udsorteres, kan energiudnyttes og substituere brugen af fossile brændsler.
- Frasortet ren eller lettere forurenede jord kan genanvendes til daglig/slutafdekning eller andre formål.
- Eventuelle "glemte" områder med farligt affald kan opgraves og efterfølgende håndteres miljømæssigt forsvarligt.

- Fjernelse eller minimering af nuværende omkostninger til perkolathåndtering (primært kontrollerede depoter), herunder en evt. nedsættelse af efterbehandlingsperiodens længde.
- Fjernelse eller minimering af trussel over for arealanvendelse, grundvand eller recipienter (primært ældre forureningskortlagte lossepladser/fyldpladser).
- Anlægningen af nye depoter kan udskydes, da LFM betyder udvidet kapacitet på eksisterende depoter (gælder dog kun åbne etaper og deponier).
- Metanemissionen reduceres fra det oprensede område, hvilket resulterer i at CO₂-aftrykket forbedres og dertil hørende markant klimagevinst (Metan har en omtrent 25 gange kraftigere drivhuseffekt end CO₂).
- LFM-behandlede områder kan udvikles til andre formål, herunder byudvikling eller rekreative områder.

Ulemper ved LFM (både deponier samt fyld- og lossepladser)

I tidligere lukkede og afsluttede deponier samt fyld- og lossepladser vil der på ny være aktiviteter, som resulterer i støj, lugt, støv, affaldsflugt, spildevand fra rengøring af affaldsfraktioner, trafik for bortskaffelse og lignende gener for omgivelserne. Afsluttede deponier samt fyld- og lossepladser må antages at være helt eller delvist slutfærdiget og landskabsmæssigt færdige. Nye grave og sorteringsaktiviteter vil derfor forstyrre dyr og planter, der er flyttet ind i de slutfærdigede arealer. Opgravning kan resultere i udledning af perkolat ved beskadigelse af membran, eller ny eller forøget perkolatdannelse ved åbning af gamle lossepladsers topdække.

Ved LFM kræves der en stor indsats af maskineri og mandskab, og dette medfører belastninger af såvel det omgivende miljø som arbejdsmiljøet. Disse belastninger bør inddrages i helhedsvurderinger af fremtidige LFM-projekter.

Generelle ulemper ved LFM kan opridses som følger:

- Dårlig kvalitet af de opgravede materialer, som også er beskidte, korroderede og delvist nedbrudte.
- Dårlige muligheder for genanvendelse af materialer.
- Lav værdi af opgravede materialer og begrænsede genanvendelsesmuligheder.
- Vanskelig proces at fraktionere affaldet.
- Pludselig udledning af metan og andre gasser.
- Arbejdsmiljømæssige problemer ved gasser, støv, støj, lugt mv.
- Vanskelig logistik ved opgravnings- og sorteringsområde.
- Større slitage på maskineri.
- Eksterne miljøbelastninger fra LFM-processerne

6.2 Afgiftsmæssige forhold

Et væsentligt økonomisk incitament for LFM i Danmark kan være tilbagebetaling af affaldsafgiften ved fraførsel af affald til genanvendelse eller gendeposering. For nærværende projekt er der indhentet en forhåndstilkendegivelse fra SKATTERÅDET (J.nr.: 16-0055580, dateret 16. juni 2016) på forskellige spørgsmål.

Tilbagebetaling af affaldsafgift ved fraførsel af affald fra fyld- og losseplads eller deponi:

Lossepladser: I det omfang, der ikke er betalt affaldsafgift for affald deponeret på gamle fyld- og lossepladser, kan der ikke ved fraførsel af affald fra en gammel fyld- og losseplads ske modregning af affaldsafgift.

Deponier: Da det aktuelle projekt vedrører et deponi, er der stillet tre spørgsmål til SKAT med anmodning om bindende svar omkring affaldsafgiften:

Spørgsmål 1:

Kan der ved fraførsel af affald fra en nedlukket deponeringsenhed ske modregning efter affaldsafgiftslovens §12, stk.1 i de tilførte mængder affald, som tilføres til deponering på andre aktive deponeringsenheder?

SKATs svar er nej, med følgende begrundelse:

"Efter affaldsafgiftslovens §9, stk.1 skal der betales afgift af affald, der tilføres en registreringspligtig virksomhed.

Efter §11, stk.1 skal virksomheder og anlæg, der til deponering modtager affald, der er omfattet af kommunalbestyrelsens anvisningspligt eller en kommunal indsamlingsordning, registreres hos told- og skatteforvaltningen.

Efter §10, stk.1 udgør afgiften 475 kr./ton affald til deponering. Den afgiftspligtige mængde skal efter §12, stk. 1 opgøres på grundlag af mængden af tilført affald fratrullet vægten af den del af det afgiftspligtige affald, som er fraført i perioden. Hvis vægten af det fraførte affald er større end vægten af det tilførte affald, tilbagebetales afgiften for den overskydende vægt. Etape 1 er den deponeringsenhed, hvor affaldet opgraves og fraføres. Etape 1 er beliggende på et aktivt deponi, men etape 1 modtager ikke længere affald til deponering. Affaldet på etape 1 er tilført i perioden 1979-1981, dvs. inden der var afgift på affald til deponering. Etape 1 er slutaftdækket.

Der sker i dag nyttiggørelse af materialer på etape 1 i form af kompostering og nedknusning af materiale, og komposten og det nedknuste materiale fraføres efterfølgende etape 1. Komposteringen og nedknusningen på etape 1 er ikke omfattet af afgiftspligten efter affaldsafgiftsloven. Andre enheder på deponiet modtager afgiftspligtigt affald til deponering, og der betales afgift af dette affald. Opgravet affald fra etape 1 fraføres til sortering, hvor en del efterfølgende brændes, og resten deponeres igen.

Det er SKATs opfattelse, at der ikke kan ske modregning i mængderne af affald tilført til deponering på andre enheder ved fraførsel af affald fra etape 1. Modregning efter vægt i mængden af tilført affald efter §12, stk. 1, forudsætter efter bestemmelsens ordlyd, at der kan modregnes for fraført afgiftspligtigt affald.

Det er SKATs vurdering, at affaldet fra etape 1, som fraføres virksomheden, ikke er afgiftspligtigt. Dette skyldes, at det følger §9, stk. 2, nr. 3, at affald, som fraføres afsluttede deponeringsanlæg, herunder lossepladser, fyldpladser og specialdeponier, er fritaget for afgift ved tilførsel til andre deponier.

Da etape 1 er en afsluttet enhed, hvor der ikke længere sker afgiftspligtig deponering, må etape 1 betragtes som et afsluttet deponeringsanlæg, og affaldet fra etape 1 er ikke afgiftspligtigt. Det er SKATs opfattelse, at der med §9, stk. 2, nr. 3 er gjort op med afgiftspligten for affald, som er liggende på afsluttede anlæg, og der dermed ikke kan ske modregning efter §12, stk.1 i anlæggets øvrige modtagne affald. Endvidere er affaldet tilført afgiftsfrit inden ikrafttrædelsen af afgiften ved deponering af affald."

Spørgsmål 2:

Kan der ved fraførsel af affald fra en nedlukket deponeringsenhed ske tilbagebetaling efter affaldsafgiftslovens §12, stk.1, når mængden af fraført affald overstiger mængden af affald tilført til deponering på andre aktive deponeringsenheder?

SKATs svar er nej, med følgende begrundelse:

"I forhold til tilbagebetaling er det SKATs opfattelse, at da der ikke kan ske modregning ved fraførsel af affald fra etape 1, jf. spørgsmål 1, kan der heller ikke opstå et krav om tilbagebetaling af afgift. Kravet om tilbagebetaling opstår ved modregning, når mængden af fraført afgiftspligtigt affald overstiger mængden af tilført afgiftspligtigt affald. Dette er også i overensstemmelse med, at ordet tilbagebetaling forudsætter, at der er sket en betaling. Der følger derfor også af ordlyden af §12, stk.1, at der ikke kan ske tilbagebetaling for en difference fremkommet ved fraførsel af affald, hvoraf der ikke er betalt afgift. Samtidig ligger det i punktafgiftens natur, at en virksomhed skal være belastet af en afgift for at være berettiget til godtgørelse eller tilbagebetaling."

Spørgsmål 3:

Det ønskes bekræftet, at der ikke skal betales afgift ved forbrænding af affald på et forbrændingsanlæg, hvor affaldet er fraført en nedlukket deponeringsenhed.

Ved lov nr. 461 af 12. juni 2009 blev afgiften ved forbrænding af affald omlagt til en energiafgift, og blev en del af kulafgiftsloven. Forbrænding af affald er således ikke længere en del af affaldsafgiftsloven.

SKAT afviser besvarelse af spørgsmål 3 med følgende begrundelse:

"SKAT kan ikke give et bindende svar til deponiet, idet det er anlægget, som forbrænder affaldet, som er den afgiftspligtige virksomhed og ikke deponiet, hvorfra affaldet fraføres."

Imidlertid skriver SKAT dog vejledende:

"SKAT kan dog vejledende udtale, at der skal betales afgift efter kulafgiftsloven for affald, som forbrændes, og af varmen fra affaldet. Kulafgiftsloven indeholder ingen fritagelse for opgravet og sorteret affald, som efterfølgende forbrændes. Affaldet kan dog være fritaget, hvis affaldet fx er omfattet af en af fritagelserne i kulafgiftsloven §7a."

Tidligere betalte man en affaldsafgift på forbrænding af affald, men denne er nu erstattet af en energiafgift baseret på affaldets energiindhold i 2013. Det var ikke klart, om omlægningen fra affaldsafgift til energiafgift ændrede forbrændingsanlæggets status som en registreringspligtig virksomhed i denne sammenhæng, så afgiften ikke kan refunderes. Afgiftslovens principper bygger på, at man ikke skal svare afgift to gange.

I det aktuelle tilfælde betyder sidstnævnte, at der ikke kan udbetales refusion ved fraførsel af affald, men at der skal betales energiafgift ved forbrænding.

6.3 Reguleringsmæssige forhold ved LFM

Før et LFM-projekt iværksættes, skal der indhentes en miljøgodkendelse og eventuel en gravetilladelse.

Kommunen er typisk myndighed ved ansøgning om LFM på gamle lossepladser iht. Jordforureningsloven, mens Miljøstyrelsen er myndighed ved ansøgning om LFM på deponeringsanlæg.

Hvis Miljøstyrelsen er tilsynsmyndighed, vil kommunen dog være myndighed, hvad angår bortskaffelse/gendeposering af affald samt afledningen af spildevand til det kommunale spildevandsrens anlæg.

LFM er en aktivitet på et deponeringsanlæg, der er omfattet af Listepunkt 5.3a og b vedrørende bortskaffelse og nyttiggørelse af ikke-farligt affald i henhold til Bilag 1 i Godkendelsesbekendtgørelsen (BEK 514 af 27/05/2016). Der ansøgte også i henhold til Listepunkt 5.1b vedrørende bortskaffelse eller nyttiggørelse af farligt affald. Dette punkt blev medtaget i ansøgningen, selv om der ikke var oplysninger om, at der skulle være deponeret farligt affald.

Ved ansøgning om LFM skal følgende forhold til kommunens planlægning behandles: Kommuneplan, lokalplan, byggetilladelse, landzone og skovbyggelinje. Anden planlægning: Vandplaner, søer, vandløb og overfladevand. Bilag 4 arter og beskyttet natur. Trafikale forhold, spildevandsforhold, samt forhold omkring grundvand og jordforurening.

Generelt om ansøgning i henhold til Planloven

Planloven omhandler den planlægning, som vedrører anvendelsen og udformningen af vores fysiske omgivelser, herunder særligt spørgsmål om anvendelsen af landets areal- og naturressourcer. Planloven indeholder de grundlæggende regler om landets inddeling i landzone, byzone og sommerhusområder samt reglerne om kommuneplanlægning og lokalplanlægning. I loven er fastsat regler om indhold og retsvirkning af planerne samt procedureregler for planernes tilvejebringelse, herunder regler om borgerinddragelse. I planloven findes endvidere landzonebestemmelserne, der gennem et tilladelsessystem regulerer opførelse af ny bebyggelse, udstykning og ændret anvendelse af bestående bebyggelse og ubebyggede arealer i landzone. Af planlovens særlige reguleringsområder kan nævnes regler om ekspropriation, vurdering af virkninger på miljøet (VVM), planlægning i kystområderne samt planlægning til butiksformål.

Afgørelse om VVM-pligt

Myndigheden foretager en screening af anlæggets virkning på miljøet. På baggrund af VVM-screeningen er det i det aktuelle projekt vurderet, at projektet ikke vil kunne påvirke miljøet væsentligt og derfor ikke er VVM-pligtigt.

Afgørelsen er truffet efter bekendtgørelsens § 3, stk. 1 i VVM-bekendtgørelsen, BKG. nr. 1832 af 16. december 2015 om visse offentlige og private anlægs virkning på miljøet (VVM) i medfør af lov om planlægning. Det vurderes, i det aktuelle projekt, at opgravningen og sorteringen kan ske uden væsentlige gener for miljøet og de omkringboende. VVM-screeningen viser endvidere, at der ikke er væsentlige miljømæssige påvirkninger i forbindelse med aktiviteten i dette tilfælde.

Generelle reguleringsmæssige forhold ved LFM

Der er en række forhold, som skal tages i betragtning ved ansøgning om LFM. De omfatter bl.a.:

Valg af bedst tilgængelige teknik, BAT (G 21), herunder anvendelse af støjsvage maskiner, energioptimerede motorer, metoder til støvdæmpning mv.

Der bliver generelt (og i dette projekt) i myndighedsgodkendelser for LFM lagt vægt på, at drænsystemet under afgravningsområdet ikke beskadiges, og drænsystemet skal straks retableres, hvis der indtræffer beskadigelse.

LFM-aktiviteten er omfattet af eksisterende vilkår i miljøgodkendelse med hensyn til beredskabsplan, ibrugtagning, driftstid, støv, spildevand, lugt, støj, affaldsflugt samt til- og fraførsel af affald.

Generelle forbehold ved farligt affald, herunder asbest

Arbejdsmiljøforhold i forbindelse med LFM-aktiviteterne. Udarbejdelse af Plan for Sikkerhed og Sundhed (PSS) for grave-, sorterings- og deponeringsarbejdet.

Opgravning af deponeret affald kan potentielt give anledning til en diffus emission af miljøfremmede stoffer.

Risiko for kvælning af mandskab på grund af deponigas og dermed sænkning af iltindholdet i luften i dybe udgravninger.

Gendeponering eller ekstern bortdisponering af opgravet, ikke genbrugeligt affald skal godkendes af kommunen.

Generelt om retableringsplan for LFM-område

Planforhold og beliggenhed: Kommuneplan og lokalplan for området. Kystnært og drikkevandsinteresser. Nærmeste Natura 2000-område. Fuglebeskyttelsesområde og habitatområde.

Generelt om basistilstandsrapport

Basistilstandsrapport: Efter godkendelsesbekendtgørelsens §14 træffer godkendelsesmyndigheden afgørelse om, hvorvidt virksomheden skal udarbejde basistilstandsrapport eller supplerende basistilstandsrapport efter §13, når der er modtaget ansøgning om godkendelse af en bilag 1 virksomhed, herunder godkendelse af en udvidelse eller ændring. Kravet om stillingtagen til udarbejdelse af basistilstandsrapport er alene relevant i forhold til deponeringsanlæg og deponeringsenheder, der er klassificeret til at modtage "farligt affald", idet "farligt affald" i affalds- og deponeringsreglerne på samme måde som "farlige stoffer" i godkendelsesbekendtgørelsens §13 er knyttet op på CLP-forordningen om klassificering af farlige stoffer mv. og forløberen til denne.

Ved ansøgning i det aktuelle forsøgsprojekt til LFM er affald klassificeret som "blandet affald". Miljøstyrelsen vurderede derfor i dette tilfælde, at ansøgning om forsøgsopgravning ikke er omfattet af kravet om udarbejdelse af basistilstandsrapport. Ved større LFM-projekter kan det dog forventes, at der stilles krav om gennemførelse af en Basistilstandsrapport.

Lovgrundlag

- LBK nr. 879 af den 26. juni 2010 om miljøbeskyttelse
- BEK nr. 1049 af den 28. august 2013 om deponeringsanlæg
- BEK nr. 669 af den 18. juni 2014 om godkendelse af listevirksomhed
- BEK nr. 1184 af den 6. november 2014 om visse offentlige og private anlægs virkning på miljøet (VVM) i medfør af lov om planlægning

Lovgrundlag - Referenceliste

Love

- Lov om miljøbeskyttelse, LBK nr. 1189 af 27/09/2016.

Bekendtgørelser

- Bekendtgørelse om godkendelse af listevirksomheder (godkendelsesbekendtgørelsen), nr. 1447 af 2. december 2015 med senere ændringer.
- Bekendtgørelse om vurdering af visse offentlige og private anlægs virkning på miljøet (VVM) i medfør af lov om planlægning, nr. 1832 af 16. december 2015
- Bekendtgørelse om kvalitetskrav til miljømålinger nr. 1903 af 29. december 2015
- Bekendtgørelse om krav til udledning af forurenende stoffer til vandløb, søer eller havet, nr. 1725 af 16. december 2015.

Vejledninger fra Miljøstyrelsen

- Vejledning om miljøgodkendelse. <http://miljogodkendelsesvejledningen.dk/> (opdateret 22-12-2016)
- Vejledning om eksternstøj fra virksomheder. Vejledning nr. 5/1984. (<http://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/1984/87-503-5287-4/pdf/87-503-5287-4.pdf>)
- Vejledning nr. 14003 af 1. juni 1996 om supplement til vejledning om ekstern støj fra virksomheden.

7. Karakterisering og klargøring af lokaliteten

Forud for projektets start er der ansøgt om miljøgodkendelse til gennemførelse af projektet. Miljøstyrelsen godkendte den 23. maj 2016 projektansøgningen, under forudsætning af overholdelse af en række vilkår, som skal opfyldes og dokumenteres før, under og efter projektet.

Inden der iværksættes egentlige opgravninger af affald er der foretaget en nærmere undersøgelse af området udvalgt til projektet, herunder følgende tiltag:

- Historisk sitekarakterisering
 - Alder og varighed af deponering, deponeringspraksis, forventelige affaldstyper, anlæggets opbygning og aktive miljøforanstaltninger (membran og perkolatopsamlingssystemer) m.m.
 - Beskrivelse af geologi og hydrogeologi
 - Omkringliggende recipienter
- Prøveopgravning - materialekarakterisering i et mindre område
- Karakterisering af depotet ved brug af non-invasive undersøgelser (georadar og -tracer)
- Arbejdsplan, herunder en detaljeret beskrivelse af metode til materialehåndtering, karakterisering af affaldet (typer, fraktioner, automatisering etc.)
- Forureningsmæssig status - herunder prøvetagningsplan og forundersøgelser i forhold til lossepladsgas og recipienter m.m.
- Udarbejdelse af APV, gasinstruks samt Plan for Sikkerhed og Sundhed (PSS) inden gravearbejdet.

7.1 Historisk sitekarakterisering

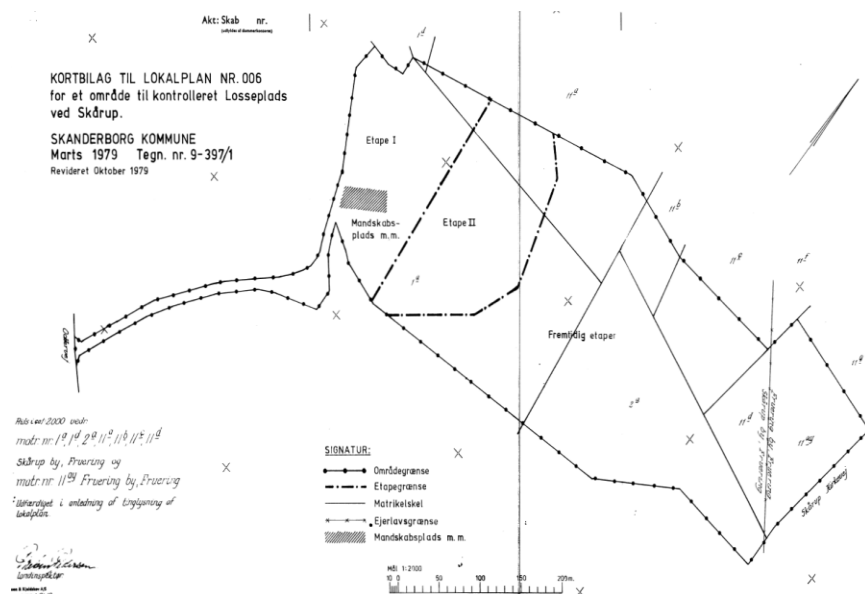
Ved den historiske karakterisering af depotet afdækkes forhold som affaldets alder og varighed af deponeringen, forventelige affaldstyper, placering af de enkelte typer affald, geologiske samt hydrogeologiske forhold m.m.

Deponeringsanlægget Affaldscenter Skårup ejes og drives af det fælleskommunale affaldsselskab Renosyd I/S og er beliggende Oddervej 75 i Skanderborg.

Affaldscenter Skårup er placeret i henhold til Lokalplan nr. 006 fra 1979 "For en kontrolleret losseplads ved Skårup". Lokalplanen har til formål at udlægge et areal til fælles losseplads for de daværende kommuner: Hørning, Odder, Ry og Skanderborg, der alle er indlemmet i nuværende Skanderborg og Odder Kommuner.

I lokalplanen angives, at pladsen især vil blive benyttet til stort husholdnings-, industri- og byggeaffald samt til slam fra rensningsanlæg og slagge og aske fra eventuelle forbrændingsanstalter.

Figur 7.1 Udsnit fra lokalplanen 006.



Pladsen er beliggende i landzoneområde, hvor der ligger enkelte nærliggende ejendomme.

Projektet gennemføres uden at påføre omgivelserne forurening, som er uforeneligt med hensynet til omgivelsernes sårbarhed og kvalitet, herunder at til- og frakørsel til virksomheden kan ske uden væsentlige miljømæssige gener for naboer og omgivelserne.

7.1.1 Affald på etape 1

Etape 1 er etableret i 1979 og er opfyldt over en 2-årig periode frem til 1981. Etapen rummer ca. 45.000 m³ affald. Ifølge fyldhistorikken vurderes etapen at indeholde storskrald, industriaffald, byggeaffald og dagrenovation.

Ved opgravning er det ikke sandsynligt, at der træffes farligt affald i denne del af projektet, og i så fald er der på forhånd truffet en aftale med virksomheden EkoKem om modtagelse og håndtering af alt farligt affald.

Udover ovenstående affaldsfraktioner kan det ikke afvises, at etapen også indeholder bygge- og anlægsaffald med et ukendt indhold af f.eks. PCB, PAH'er og/eller tungmetaller. Ligeledes kan det ikke afvises, at der kan træffes asbestholdigt materiale. Endeligt kan der forventes indhold af slam, slagger og flyveaske.

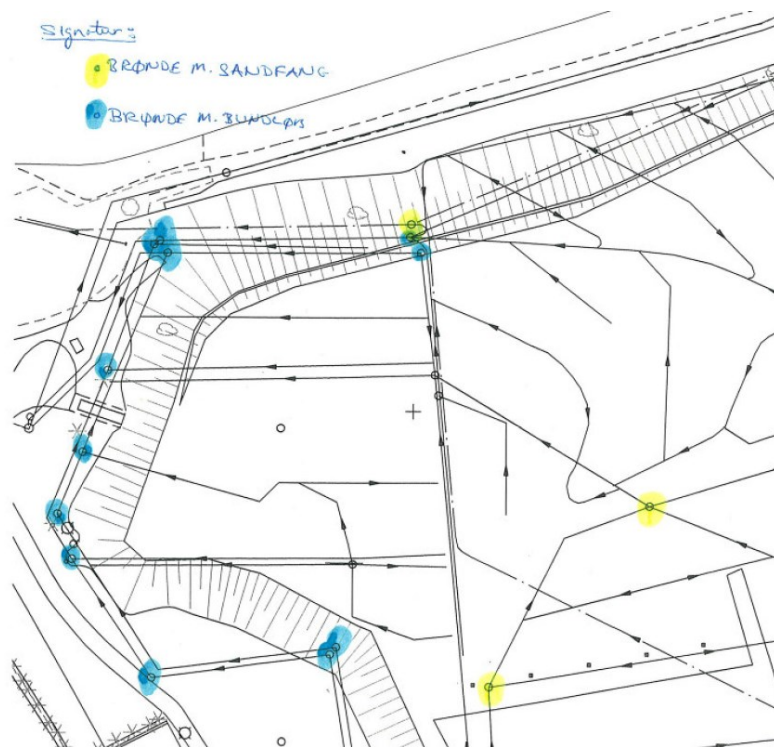
Ud fra historik og tidligere projekter forventes der på forhånd følgende fordeling af fraktionerne:

- 40 % jord
- 25-30 % forbrændingsegnet affald
- 20-25 % bygge- og anlægsaffald (ekskl. farligt affald)
- 1-2 % metaller
- 5-15 % restfraktion (herunder slagger, aske, slam mv.)

7.1.2 Membranforhold og perkolathåndtering

Etape 1 er etableret med lermembran - bestående dels af naturlig morænelersaflejring (tykkelse 2-3 m, permeabilitet ca. 10⁻⁹ m/s), dels af udlagt lermembran (tykkelse ca. 1 m, permeabilitet ca. 10⁻⁹ m/s).

Figur 7.2 Drænsystem under etape 1 og 2



Ved godkendelse af pladsen er det ud fra geologiske og hydrogeologiske forhold ikke skønnet nødvendigt med særlig tætning af pladsens bund. Der er således kun udlagt lermembran på den sydlige smalle del af etape 1, hvor en særlig grundvandssikring er nødvendig.

Lunker og sandlommer i den naturligt forekommende lermembran er ikke opfyldt på etape 1. Etapen er etableret uden sidemembraner, men afgrænset af lervolde, som er i kontakt med det underliggende lerlag.

Ved etape 1 er der placeret drænledninger i overkanten af in-situ lerlaget /den pålagte membran under et ca. 10 cm tykt gruslag. Afstanden mellem drænledningerne er ca. 30 m. Drænsystemet består desuden af drænrør og sten. Placeringen af dræn og brønde på etape 1 og 2 ses på figur 7.2.

I 1977 er udført et stort antal lagfølgeboringer, der påviste forekomsten af moræneler 0,5 -1,5 meter under grusgravens overflade. Vandstandsmålinger viste, at lerlagene er vandstandsende. Dybereliggende grundvand træffes i tertiære sandlag ca. 15 meter under overfladen. Miljøankenævnet tilsluttede sig (i 1980), at denne naturlige forekomst af moræneler kunne udnyttes som lavpermeabelt lag under lossepladsen.

Amtsvandvæsenet vurderede om de fremtidige vandindvindingsmuligheder, at indvindingsforholdene i området var usikre til gunstige, men da forekomsten var 40-50 meter under terræn, skønnedes den mindre egnet til større samlet indvinding, men at ressourcen dog ikke umiddelbart kunne afskrives.

I 1998 foretager rådgivningsfirmaet Carl Bro, på vegne af Århus Amt, en omfattende miljøteknisk undersøgelse, med det formål at belyse risikoen for vandindvindingen i området. På basis af et antal boringer og en geoelektrisk kortlægning opsættes bl.a. et geologisk profilsnit som vist på figur 7.3. Her fremgår det, at deponiet er beliggende oven på et ca. 10-12 meter tykt lag af glimmerler, som stedvist er overlejret eller gennembrudt af tynde lag af sand og silt (rådgiv-

I umiddelbar nærhed af etape 1 er et sekundært grundvandsmagasin i perioden 1995-1997 truffet i kote 50-51 m DNN, derfor er der nedadrettet gradient fra etape 1 med en bundkote i ca. 57 m DNN. Der er derfor ikke umiddelbart risiko for bundbrud i membranen som følge af kraftigt opstigende grundvand ved midlertidig blottæggelse af membranen.

Deponeringsanlægget er anlagt i et tidligere grusgravsområde i det bakkede område mellem Skanderborg og Gjesing. Området er generelt kompliceret geologisk opbygget og består af en række sand- og leraflejringer, og grundvandsforholdene er ligeledes kompliceret på grund af de geologiske forhold. Der er således ikke nogen entydig strømningsretning for grundvandet.

De geologiske lag under lossepladsen er domineret af tertiære sand- og leraflejringer, hvorimod lagene sydvest for lossepladsen mod Skanderborg Sø er domineret af sandlag afsat af smeltvandsfloder i senlacialtiden.

Ved forskellige jordbundsundersøgelser i forbindelse med anlæggelsen af de enkelte etaper på deponiet er der påvist forekomst af vandstandsende moræneler 0,5-1,5 meter under den oprindelige grusgravsoverflade. Dybereliggende grundvand fandtes i tertiære sandlag ca. 15 meter under overfladen.

Geological profile map of the Oslofjord area.

Legend:

- Boring:**
 - Boring
 - Borings
 - Filamentboring
- Sediment types:**
 - Grundbundsdyptare
 - Tallast sandbagger
 - Grundbundsdyptare
 - Spætt vannsandbagger
 - Grundbundsdyptare
 - Fyl vannsandbagger
 - Grundbundsdyptare
 - Lokale megner
- Other symbols:**
 - Fylt
 - Fremtidig fylt

NOTE: Lokalisering av del geologiske profilert hengsle av bølger.

Geological profile:

The profile shows the following units and features:

- DL:** Grundbundsdyptare
- ML:** Tallast sandbagger
- GL:** Grundbundsdyptare
- GS:** Spætt vannsandbagger
- KS:** Grundbundsdyptare
- GLGS:** Fyl vannsandbagger
- GS:** Grundbundsdyptare
- KS:** Lokale megner

Geological profile:

The profile shows the following units and features:

- DL:** Grundbundsdyptare
- ML:** Tallast sandbagger
- GL:** Grundbundsdyptare
- GS:** Spætt vannsandbagger
- KS:** Grundbundsdyptare
- GLGS:** Fyl vannsandbagger
- GS:** Grundbundsdyptare
- KS:** Lokale megner

7.1.4 Hydrogeologi

Grundvandsforholdene i området er vanskelige på grund af de komplicerede geologiske forhold, der udgør rammerne for grundvandsmagasineres udbredelse og strømmingen i og mellem de enkelte magasiner. Områdets grundvandsmagasiner er opdelt i fire kategorier:

1. Regionalt tertiært sandmagasin
2. Spændt terrassesandmagasin
3. Frit terrassesandmagasin
4. Lokale magasiner

Den overordnede strømningsretning i de tre første kategorier er sydvest mod Skanderborg Sø. Afstrømningen i de lokale magasiner kendes ikke præcist på grund af få pejledata.

De tertiære sandaflejringer, der træffes under og øst for deponeringsanlægget, vurderes til at udgøre et udbredt sammenhængende grundvandsmagasin. Forekomsten af de skråtstillede lag af glimmerler bevirker, at den hydrauliske forbindelse i magasinet er af forskellig karakter.

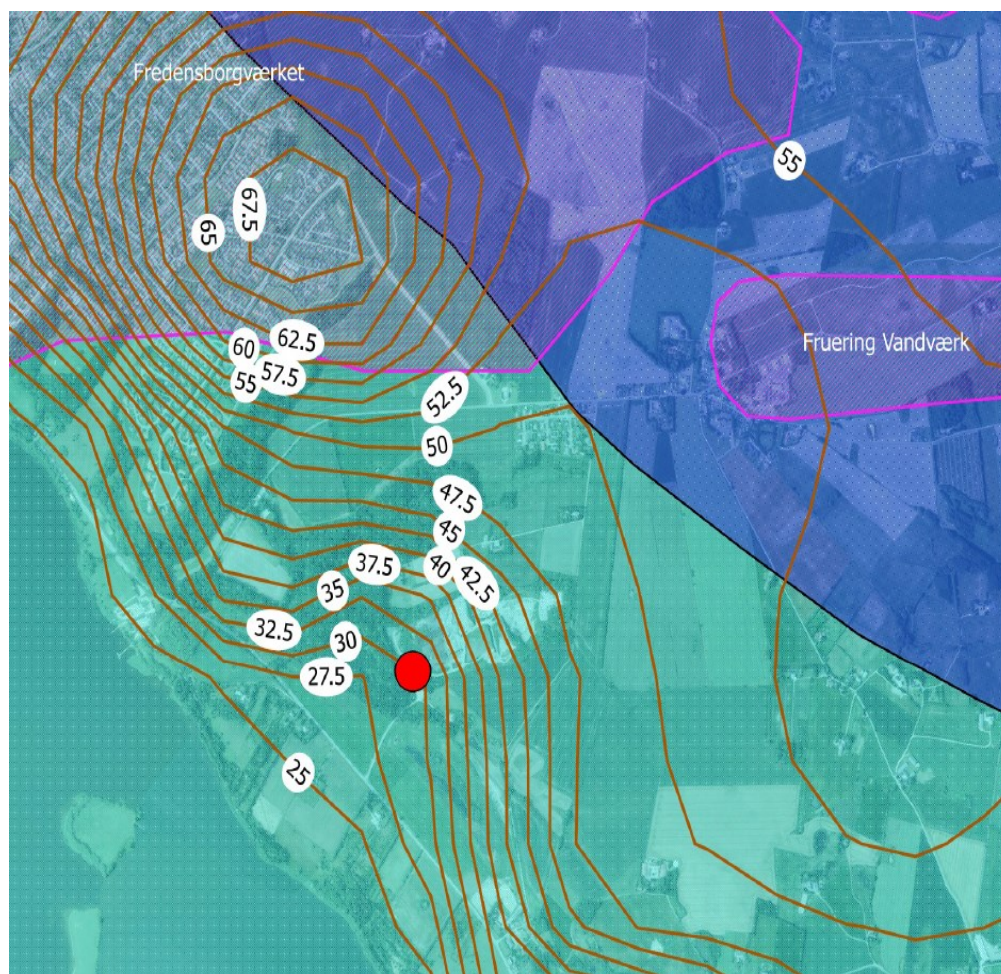
I området sydvest for deponeringsanlægget, mellem skræntfoden og Skanderborg Sø, findes et frit grundvandsmagasin i aflejringer af smeltevandssand (terrassesand).

I området sydvest for anlægget, mellem skræntfoden og Skanderborg Sø, findes et spændt, stedvist ægte artesisk grundvandsmagasin i aflejringerne af smeltevandssand. Magasinet er adskilt fra det øverste frie magasin af moræneler.

De registrerede grundvandsmagasiner vurderes til kun at have en lokal udbredelse. Det kan forventes, at der stedvis i sandaflejringerne forekommer lokale, sammenhængende grundvandsmagasiner, der opretholdes af de forekommende lerlag. I marts 2002 konkluderer rådgivningsfirmaet COWI, at grundvandsspejlet befinder sig 6-34 meter under deponiets bund og - baseret på rapport for miljøtekniske undersøgelser, 1997, - at gradienten og grundvandsstrømmen er nedadrettet.

Af figur 7.4 fremgår et revideret grundvandskort med linjer for primært magasin samt seneste optegning af indvindingsoplande for almene vandforsyningsanlæg fra november 2015.

Figur 7.4 Grundvandskort



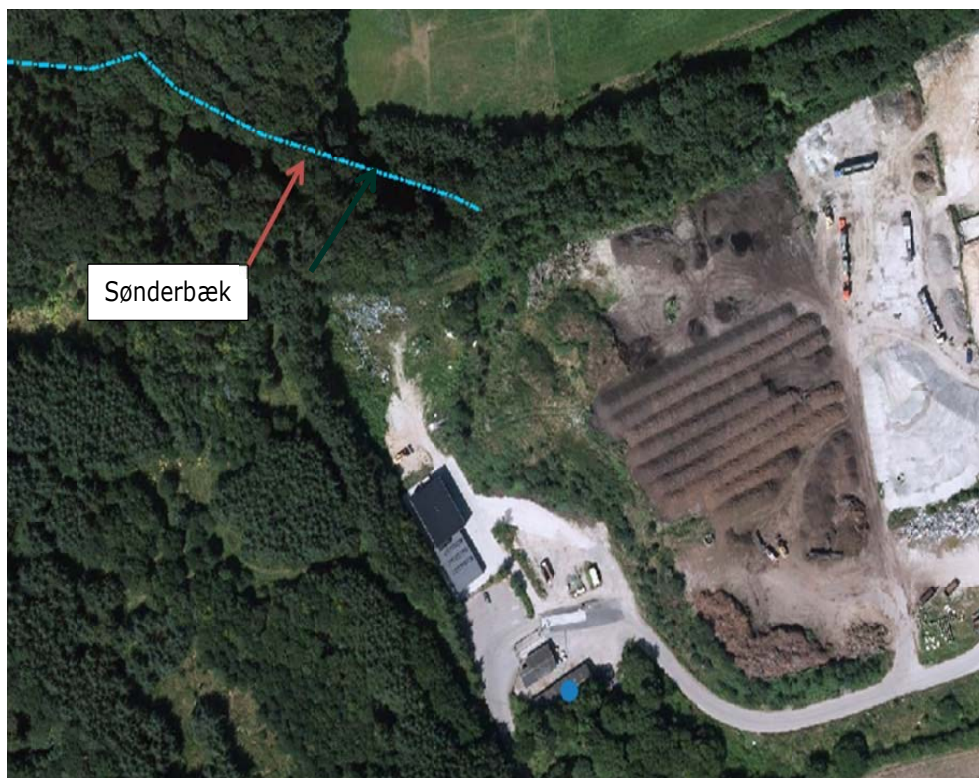
Som det ses af grundvandskortet, er deponiet (rød cirkel) ikke beliggende i et område med særlige drikkevandsinteresser, og nærmeste indvindingsoplande er for Fredensborgværket og Fruering Vandværk, der har indvindingsopland hhv. 600 meter mod nord og 1.200 meter mod nordøst. I begge tilfælde er indvindingsoplandene beliggende opstrøms.

Da udgravningen i projektperioden forgik ovenpå den eksisterende intakte membran, vurderedes det midlertidige projekt ikke at udgøre en risiko overfor hverken jord eller grundvand.

7.1.5 Omkringliggende recipienter

Recipientinteresser i relation til udvaskning af forurenende stoffer fra deponeringsanlægget er begrænset til Sønderbæk, idet en eventuel udsivning til Skanderborg Sø på grund af de lave stofmængder vurderes at være uden betydning.

Figur 7.5 Recipientforhold



Sønderbæk har sit udspring umiddelbart nord for etape 1 i den nederoderede dal. Bækken har sit forløb nord og vest for anlægget med udløb i Skanderborg Sø.

Skanderborg Kommune anfører i Miljøportalen om Sønderbæk, at denne er et beskyttet vandløb. Vandløbet er beskyttet i henhold til Naturbeskyttelseslovens § 3, og en 20-meter zone langs vandløbet er udlagt til SFL-område (Særligt Følsomt Landbrugsområde).

7.2 Prøveopgravning – materialekarakterisering i testområde

I forbindelse med karakteriseringen af deponiet er der foretaget en mindre afgravning for at be- eller afkræfte de generelle formodninger om affaldets sammensætning. Prøvegravningen gennemførtes den 26. april 2016. Der blev her foretaget en skønsmæssig karakterisering af affaldet, således at der forelå en konkret viden om de faktiske forhold, inden de endelige planer for opgravning og affaldssortering udfærdiges.

Fra det øvre plateau er der gravet til ca. 3 meters dybde i etape 1. De øverste ca. 2 m er en blanding af jord, brokker og slagge. Det var ikke muligt at konstatere en egentlig afgrænset dækning med 'ren' overjord. Herunder træffes deponiets affald.

Billede 7.1 Prøveopgravning (foto maj 2016) på toppen af etape 1



Affaldet er - naturligvis - meget uensartet og relativt kompakt, hvilket skyldes at der kørte en kompaktor for sammenpresning af affaldet under etableringen.

Renosyds medarbejder, som var til stede ved prøvegravningen, fortalte, at der vist nok først var bygget affald op til en vis højde, og at der så inden afslutningen af etappen var lagt yderligere et lag affald (ca. 1-1,5 meters tykkelse) ovenpå.

De tilstedeværende fik ved prøvegravningen indtryk af, at affaldet indeholdt mindre jord end forventet, men dette kunne kun vurderes med forbehold på grund af det begrænsede erfaringsgrundlag.

I affaldet syntes der at være områder eller lommer, som var stærkt vandholdige, og der observeredes en del perkolat stående i bunden af hullet ca. 2 meter under terræn, men regnvejr under en del af prøvegravningen, som kun varede 1 time, kan måske være årsag til observationen.

Bemærkninger om selve affaldet:

- Mere jern end ventet (radiator, cykel, ståltråd m.m.)
- En del brokker - størrelse fra ca. 50 cm og nedefter
- Meget træ - stort tømmer og mange mindre træstykker/grene - delvist omsat.
- Meget plastfolie af vidt forskellige typer - også en del stor 'landbrugsfolie'
- Et enkelt bildæk
- Ingen gaslugt, men lugt af olie
- Intet mineraluld bemærket og ingen tagplader.

7.3 Non-invasive undersøgelser ved georadar og -tracer

Allerede inden der tages beslutning om gennemførelse af LFM på en given lokalitet, er viden om affaldet og deponeringen generelt af stor betydning. Disse oplysninger er nødvendige for at kunne vurdere de forskellige forhold, der ligger til grund for beslutningen om at gennemføre LFM. Her tænkes dels på omkostningerne til hele projektet, og dels på de fordele af resursemæssig, økonomisk, miljømæssig, arealmæssig og planlægningsmæssig karakter, som følger af LFM. Alle disse omkostninger og andre forhold er nærmere beskrevet i afsnittet med beskrivelsen af en forretningsmodel for LFM.

Forhold, der bør belyses inden LFM

Det er i høj grad de faktuelle oplysninger om affaldet og depotet i øvrigt, som udgør grundlaget for LFM. Der vil typisk være tale om følgende forhold:

Udbredelsen af depotet. Uanset om affaldet er placeret over terræn, så der er tale om et 'affaldsbjerg', eller der er tale om opfyldning af eksempelvis en råstofgrav, bør det afklares, hvor stort et område affaldet dækker; og hvor stor en del af området, der alene er benyttet til af-dækning, til anlæg eller til transportveje.

Fyldhøjden. Den reelle affaldshøjde kan være vanskelig at fastlægge. Med GPS-målinger kan tophøjden af depotet fastlægges; men en sådan tophøjde indeholder også et afdækningslag, hvis varierende tykkelse skal fraregnes. I mange tilfælde er det usikkert, i hvilken kote opfyldning med affald er påbegyndt. Topografiske kort kan benyttes, men usikkerheden på disse er betydelig. Desuden mangler der ofte præcis viden om, hvor omfattende en eventuel forudgående råstofudvinding har været, således at man ikke med sikkerhed kan fastlægge bunden af affaldet. I en række tilfælde er der af miljømæssige hensyn udlagt en lermembran under affaldsopfyldningen. Tykkelsen af et sådan lerlag kan variere en del, og det er derfor usikkert, hvor meget der eventuelt bør fraregnes affaldstykkelsen, dersom dybden af eksempelvis råstofudgravningen kendes.

Affaldstyper. Nærværende projekt har vist, at affaldstypen er af stor betydning for både afgravning og sortering af affaldet, men også graden af genanvendelse af det sorterede affald. Derfor er det af stor betydning at kende depotets sammensætning af eksempelvis husholdningsaffald, industriaffald, storskrald m.v.

Tidsperioder. Affaldssammensætningen i de forskellige typer af affald er i høj grad afhængig af, i hvilken historisk periode affaldet er dannet. Siden midten af forrige århundrede er affaldssammensætningen gradvist ændret fra hovedsageligt at bestå af hygiejnisk husholdningsaffald til at indeholde gradvist større mængder af metal- og polymeraffald samt industriaffald og storskrald. Fra slutningen af århundredet har energi og genbrug spillet en stadig større rolle, hvilket har betydet, at en lang række materialer af økonomiske eller reguleringsmæssige årsager ikke ender som affald. Det er derfor af stor betydning at vide, i hvilken periode det pågældende affald er deponeret.

Miljø- og sikkerhedsmæssige forhold. Deponeret affald vil i større eller mindre grad påvirke det omgivende miljø. Selvom der på de fleste deponier er udlagt dræn til opsamling af perkolat, er der en vis risiko for, at udsvivning af vand fra deponiet kan udgøre en risiko for grundvandet og overfladenære recipienter. Desuden vil der ske dannelse af gasser i affaldet. Specielt metan-gas bliver i nogle tilfælde trukket ud af depotet og anvendt som brændsel. Uden opsamling vil de dannede gasser kunne afdampe til omgivelserne og udgøre en miljømæssig risiko. LFM-processen vil således kunne reducere eller helt eliminere disse generelle miljøpåvirkninger. Imidlertid bør man også være opmærksom på, at der i visse tilfælde kan være tale om, at den affaldseksposering, der foretages ved LFM-afgravningen, og den efterfølgende sortering og transport kan udgøre en miljørisiko.

Indhentning af oplysninger om affaldsdepoter

Der er en række muligheder for at tilvejebringe forhåndsoplysninger om deponeret affald. Langt den største kilde til disse oplysninger er de historiske data, som de forskellige aktører ligger inde med.

Kilderne til de historiske data er mangeartede, og ikke alle kilderne giver brugbare oplysninger. Depotejeren har - eller burde have - oplysninger om etableringen af deponiet, herunder tidspunkter og diverse ansøgninger, tilladelser, tilsynsrapporter og andet fra myndighederne. Ofte findes der opgørelser over tilkørte affaldsmængder og -typer i forskellige perioder. Hos miljømyndighederne findes oplysninger om diverse monitoringsboringer og -målinger tillige med andre oplysninger af miljømæssig interesse. Eksempelvis kan borningsbeskrivelserne vise,

hvilke affaldstyper, der er påtruffet under boringen. Hos GEUS findes oplysninger om de geologiske forhold, hvis de ikke findes i diverse tilladelser. Hos den pågældende kommunes renovationsafdeling findes ofte oplysninger om, hvilke affaldstyper og mængder, der er tilkørt.

Hvis det er muligt, er det af stor værdi at få en fysisk undersøgelse af, hvad der ligger i depotet. Undersøgelserboringer har i den forbindelse vist sig at have begrænset værdi, da de dele, der følger med boresneglen op, ikke viser et fuldstændigt billede af affaldssammensætningen. Eksempelvis vil større emner ikke kunne bringes op med en snegl. Derimod vil en prøvegravning i affaldet kunne vise en hel del om affaldssammensætningen. Ligeledes vil en prøvegravning fortælle om affaldets vandindhold, om nedbrydningsgraden, og om der er væsentlig gasproduktion, hvis der monitoreres herfor. Resultaterne fra en prøvegravning vil også give information om, hvilke maskiner der optimalt kan benyttes under den efterfølgende udgravning og sortering.

Non-invasive undersøgelser

Non-invasive undersøgelser er en fælles betegnelse for undersøgelsesmetoder, hvor der foretages en eller anden form for måling fra overfladen af det område, der skal undersøges - altså i vores tilfælde uden at trænge ned i affaldet og måle på enkeltdele. Ved non-invasive målinger analyseres der sædvanligvis på transmission eller refleksion af lys, lyd, elektricitet eller anden form for elektromagnetiske signaler, som induceres i det emne, der skal undersøges.

I forbindelse med depot-karakteriseringen er der udført non-invasiv screening med det patenterede GroundTracer-system, som er en kombination af to non-invasive undersøgelsesteknikker: georadar og geotracer.

Georadar virker som en konventionel radar ved at udsende radiobølger i pulser og efterfølgende "lytte" til det reflekterede signal (der er ved nærværende undersøgelser anvendt et 300 MHz system). Intensiteten af det reflekterede signal giver informationer om de jordlag, der gennemtrænges. Er der stor intensitet i det reflekterede signal, kan det f.eks. være grus, og hvis det reflekterede signal er svagt, kan der være tale om ler, som absorberer store dele af signalet. Reflektionstiden er et udtryk for, hvor dybt det reflekterende lag er beliggende. Men eftersom der er forskel på den hastighed, hvormed elektromagnetiske bølger gennemtrænger forskellige materialer, vil dybdebestemmelser ved georadar være behæftet med en vis usikkerhed.

Ved en traditionel geotracermåling foretages en måling af jordens elektriske modstand. Traditionelt måles mellem to spyd, som placeres i jorden med relativ tæt afstand. Det patenterede GroundTracer-system udnytter sammenhængen mellem modstand og kapacitans. Systemet detekterer de ændringer, som sker i den elektriske spænding i jorden mellem to georadarpulser. Spændingsforløbene mellem to pulser fortæller en del om kapacitansen i de reflekterende jordlag. Eksempelvis vil organiske materialer som træ og andre plantedele have en relativ høj kapacitans. Med tracerteknikker er det således muligt at få indikationer af tilstedeværelse af kapacitative områder i undergrunden, som kan hidrøre fra visse affaldstyper.

Billede 7.2 Scanning med GroundTracer-udstyr på Skårup Deponi



På billede 7.2 er vist et billede fra undersøgelsen med GroundTracer, hvor udstyret bliver trukket over området manuelt. Den hvide boks indeholder en kombineret sende- og modtage-antenne, GPS måleren er placeret over antennen, og PC'en til opsamling af data bærer medarbejderen i en taske over skulderen. Ved dataindsamlingen på Skårup Affaldsdeponi blev udstyret trukket manuelt hen over området i linjer med en afstand på ca. 2 meter – de såkaldte survey- linjer.

En tracerscanning er meget følsom over for variationer i jordbundsforholdene. Ikke alene det organiske indhold, men også faktorer som jordtemperatur og -fugtighed har stor indvirkning på resultatet. Det er derfor i praksis ikke muligt at sammenholde scanninger fra forskellige lokaliteter (eller fra samme lokalitet på forskellige dage) eller foretage absolutte standardiseringer af forskellige affaldstyper.

Med GroundTracer-teknikker er det muligt at få indikationer af tilstedeværelse af forskellige materialetyper i jorden. En GroundTracer-screening giver mulighed for at få et tredimensionalt billede af deponiets indhold af forskellige typer stoffer samt tilstedeværelsen af større emner.

I forbindelse med et nyligt afsluttet projekt til karakterisering af forurenede grunde har anvendelsen af georadar (GPR) i kombination med Tracer-undersøgelser vist sig egnet til tredimensionel kortlægning af geologiske og materialemæssige variationer i undergrunden. Metoden har ikke tidligere været anvendt til undersøgelser af affaldsdepoter, men tilsvarende anvendelser har vist, at metoden kan give værdifuld information om sammensætningen af affaldsmængderne i depotet.

Dataindsamling på Skårup Deponi

Den 12. og 13. maj 2016 blev der foretaget målinger med GroundTracer på den del af deponiet, som var planlagt til at indgå i LFM-opgravningen. På figur 7.5 er der på et luftfoto af deponiet indtegnet de surveylinjer, som blev opmålt med apparatets GPS under dataindsamlingen.

Figur 7.5 Luftfoto af Skårup Deponi med indtegning af det GroundTracer-scannede område



Inden der blev foretaget dataindsamling, var det nødvendigt at klargøre området til udførelse af selve målingerne. Uanset om måleantennen trækkes manuelt eller ved brug af en ATV eller andet, så er det nødvendigt, at der er en relativ jævn overflade, så der er nogenlunde kontakt med overfladen under fremføringen. Som 'tommelfingerregel' kræves der en overflade af en beskaffenhed, så der kan køres med cykel. Da området havde ligget hen som natur siden af-dækningen for mere end tyve år siden, var der en del træer og anden plantevækst, og samtidig var området benyttet til midlertidig deponering af træødder og andet komposterbart materiale. Billede 7.3 og 7.4 viser dele af området, før det blev klargjort til GroundTracer-målingerne.

Billede 7.3 Parti fra toppen af affaldsdepotet før igangsættelse



Billede 7.4 Affaldsdeponiet set fra nord inden klargøring til LFM



Efter at bevoksningen og andet var fjernet, blev GroundTracer-målingerne foretaget med udstyret vist på billede 7.2. Dataindsamlingen blev foretaget af Biorem i samarbejde med firmaet bag Groundtracer systemet. Der blev benyttet en radarfrekvens på 300 MHz. Målingerne af tracer signaler blev sat til 150 ns, hvilket svarer til en teoretisk gennemtrængningsdybde på 6 - 6,5 meter. Der blev kontinuert foretaget positionering af måleudstyret med Trimble GPS udstyr. Scanningerne blev foretaget i parallelle spor i to retninger med en afstand på ca. 2 meter mellem hvert spor.

På figur 7.6 er GPS-sporene (surveylinjer) indtegnet på et luftfoto af den vestlige del af deponiet, hvor afgravningen skulle foretages. Billedet er et udsnit af figur 7.5. Som det fremgår af figur 7.6, er der et område i den sydlige del, som ikke er scannet, da der var foretaget prøvegravning i dette område, som ikke efterfølgende var genfyldt. Siden baggrundsfotoet er taget, er kompostmønterne til højre i billedet udlagt i et område længere mod højre i billedet (mod øst), og umiddelbart øst for den sydlige halvdel af det planlagte afgravningsområde er der gravet en drærende. Som det fremgår af figuren, er der foretaget scanning i et dobbeltspor i komposteringsområdet øst for drærenden (renden er ikke vist på baggrundsfotoet i figuren).

Figur 7.6 Scanningslinjerne indlagt på luftfoto



Databehandling

Under dataindsamlingen på depotet blev det løbende kontrolleret, at de indsamlede data var umiddelbart valide.

Herefter blev alle rådatafiler analyseret med softwarepakken PRISM. I denne proces kontrolleres brugbarheden af radar- og tracerdata, og der tjekkes, om GPS-data er korreleret korrekt med de øvrige data. I PRISM foretages der også en filtrering af de brugbare data, så eventuel støj bliver frafiltreret. Alle ikke-brugbare data frasorteres i dette trin.

I programmet Groundimaging processeres de validerede data, så der kan dannes kort over både radarsignalerne og tracersignalerne. Samtidig dannes kortet over surveylinjerne, som er vist på figur 7.6. Endelig foretages der i programmet MICCSed-up en visualisering af de behandlede data, så de kan præsenteres i eksempelvis Google Earth eller AutoCAD.

Tolkningen af de behandlede og visualiserede data blev foretaget af en trænet geofysiker fra Groundtracer i samarbejde med Biorem. Det er vigtigt, at der i dette trin medtages al tilgængelig viden om lokaliteten. Det drejer sig om opbygningen af affaldsdepotet, og den tilgængelige viden om affaldstyper samt eventuelle oplysninger om de geologiske forhold. Resultaterne af tolkningerne baseres på tre typer data fra Ground Imaging softwaren:

Dæmpninger af radarsignaler fortæller om, hvor meget signal, der absorberes i de materiale- og jordlag, som gennemtrænges. Denne absorption skyldes oftest ledende materialer eller blandinger med højt saltindhold eller høj ionstyrke i øvrigt. Resultaterne visualiseres gennem horisontale snit af dæmpningsgraden i forskellige dybder, som vist i figur 7.7.

Refleksionerne af radarsignalerne fortæller om, hvor kompakte de områder er, som signalerne reflekteres fra. Dette kan hidrøre fra større objekter, komprimerede lag, sten, metalgenstande eller lignende. Resultaterne visualiseres gennem horisontale snit af refleksionsstyrken i forskellige dybder, som vist i figur 7.8.

Tracermålingerne viser primært underlagets kapacitans, altså evnen til at bibeholde en induceret ladning.

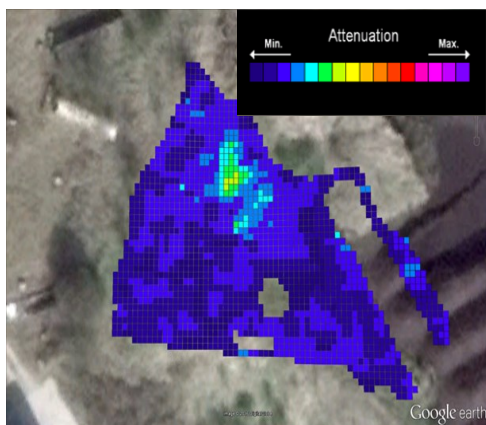
Der er i projektet her foretaget to tolkninger af resultaterne af Groundtracer-målingerne. Dels er der, inden afgravningen blev påbegyndt, foretaget en vurdering af, hvilke typer affald der kan have givet anledning til de observerede målinger. Disse vurderinger er primært baseret på de erfaringer, som GroundTracers medarbejdere har med tolkninger af jordbundsforhold, underjordiske installationer og anlæg samt forureninger i jorden. Som tidligere beskrevet er det meget sparsomt med erfaringer fra lignende non-invasive undersøgelser af affaldsdepoter.

Efter opgravningen var gennemført, blev der foretaget en sammenholdelse af GroundTracer-målingerne med de faktisk opgravede typer affald fra de forskellige områder i affaldsdepotet. Hensigten er at indhente viden om og erfaring med tolkning af non-invasive målinger på netop affald, således at teknikken i fremtiden vil kunne benyttes mere målrettet til forudsigelser om et givet depots indhold af forskellige affaldstyper.

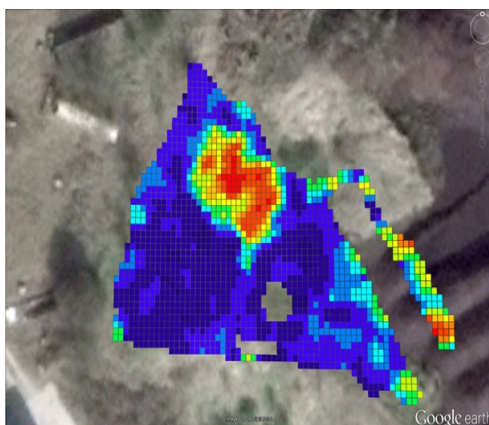
Resultater af GroundTracer-målingerne

Som beskrevet oven for er de direkte resultater af de non-invasive målinger angivet dels som styrkerne af både refleksioner og af dæmpninger af georadarsignalerne og dels af styrken af tracermålingerne. Resultaterne for alle tre resultatsæt er vist i det følgende.

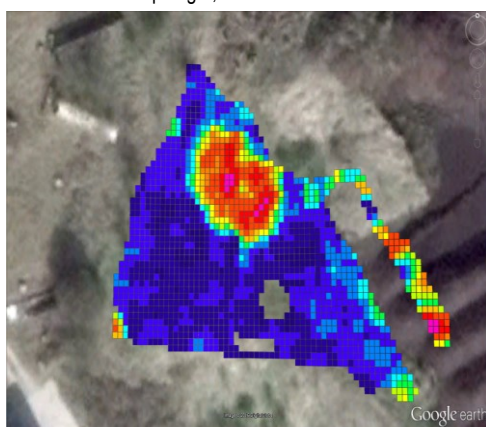
Figur 7.7 A–F Georadardæmpning (attenuation) af radarsignalerne i forskellige dybder i det scannede område.



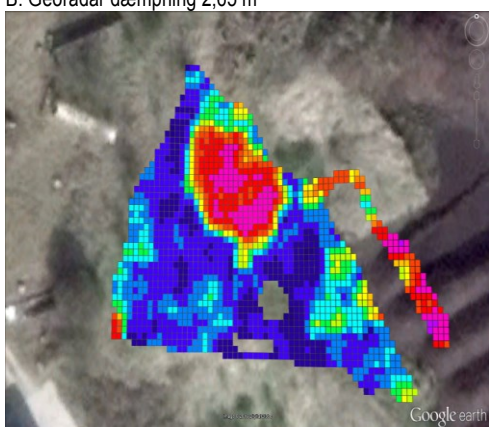
A: Georadar dæmpning 2,00 m



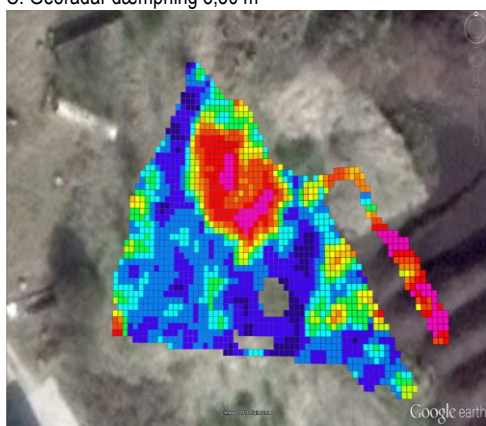
B: Georadar dæmpning 2,65 m



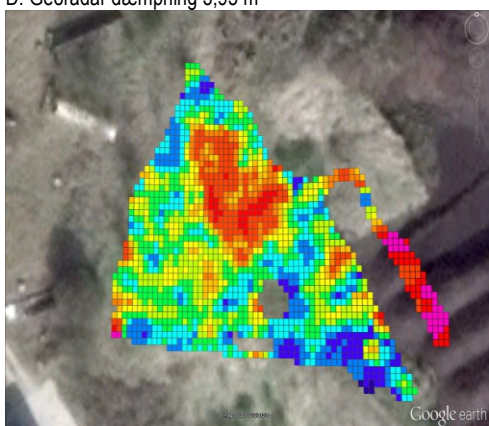
C: Georadar dæmpning 3,30 m



D: Georadar dæmpning 3,95 m

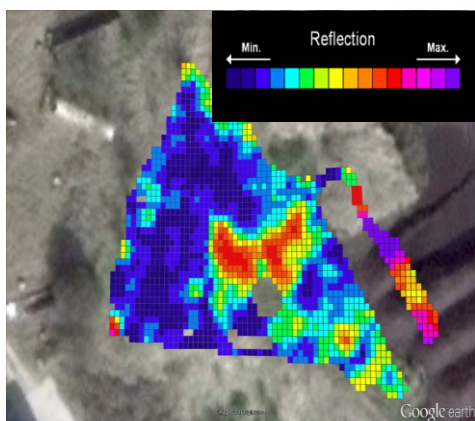


E: Georadar dæmpning 4,61 m

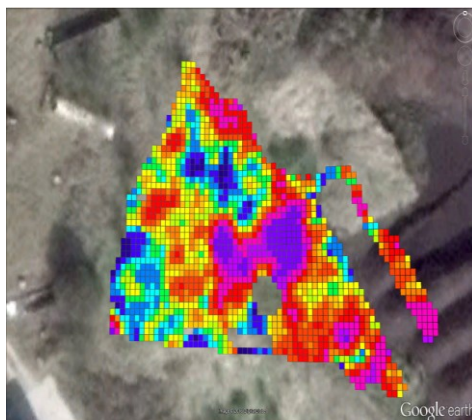


F: Georadar dæmpning 5,91 m

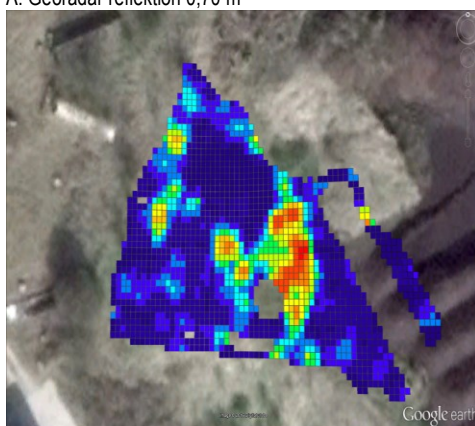
Figur 7.8 A–F Georadar-refleksionen af radarsignalerne i forskellige dybder i det scannede område.



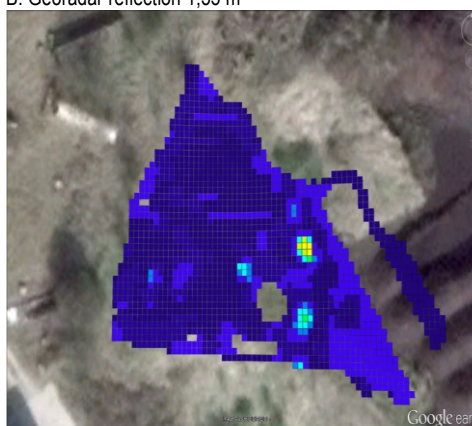
A: Georadar refleksion 0,70 m



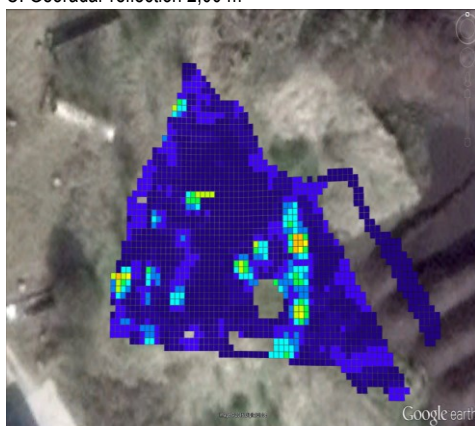
B: Georadar reflection 1,35 m



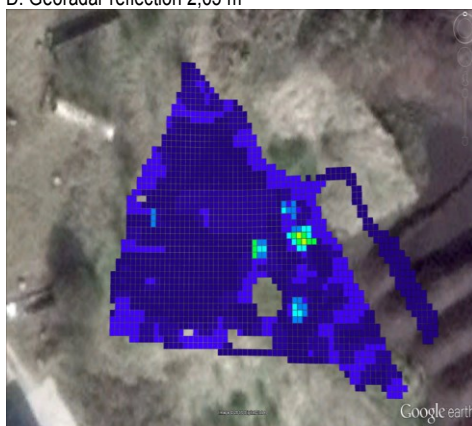
C: Georadar reflection 2,00 m



D: Georadar reflection 2,65 m



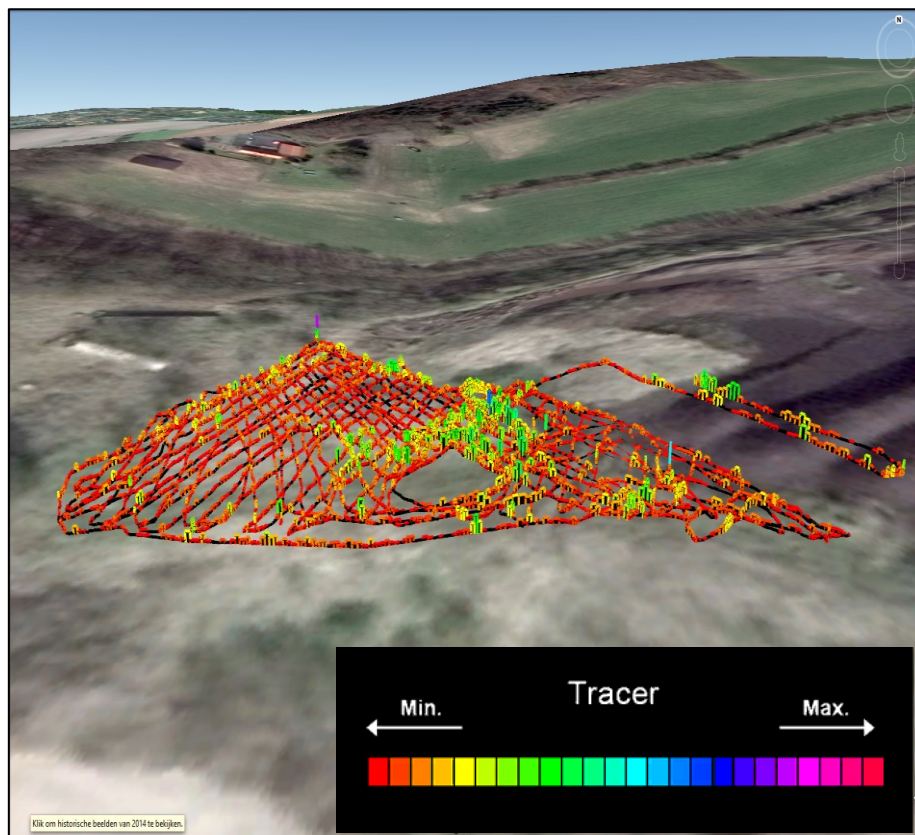
E: Georadar reflection 3,30 m



F: Georadar reflection 3,95 m

Det grafiske output fra Tracer-undersøgelserne, som er vist i figur 7.9, består af en tracerværdi tilordnet surveylinjerne. Der er således ingen dybdeangivelser for resultaterne, og vi får alene en værdi, som fortæller, om der er materialer i det pågældende område, der giver anledning til tracerudslag – ingen information om dybden.

Figur 7.9 Resultaterne af Tracer-målingerne indtegnet på luftfoto af området og vist i 'fugleperspektiv'. Responsstyrken er vist dels med farvekode og dels med højden af signalerne langs scanningssporet



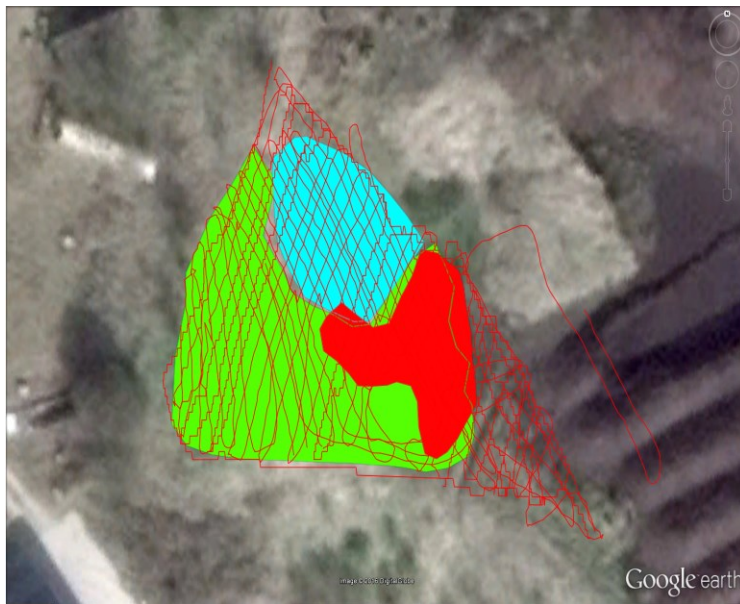
7.3.1 Tolkning af de samlede resultater af non-invasive undersøgelser

På baggrund af de tre sæt undersøgelsesdata er der foretaget en samlet tolkning af, hvorledes der kan være variationer i depotets sammensætning. Disse tolkninger blev forelagt projektgruppen, før opgravningerne blev påbegyndt, og blev vurderet, inden gravearbejdet blev sat i gang.

Det er imidlertid meget lidt, der kan udledes af de målte data; men figur 7.10 viser en samlet skitse over de forestående tolkninger med følgende betydning for de farvede områder:

- Rød: Kan være et område med sten og større emner/storskrald
- Grøn: Sammenhængende toplag på ca. 1,4 m tykkelse
- Blå: Homogent ledende område ned til 6 m

Figur 7.10 Kort over den samlede tolkning af GroundTracer-resultaterne før afgravningen blev påbegyndt. Forklaring på farvekoderne er angivet i teksten.



Den tydeligste anomali i det undersøgte område er mod nord i det delområde, der er markeret med blå i figur 7.10. Tolkningen baseres primært på de forhøjede dæmpninger, som er vist i alle dybderne i figur 7.7, og dæmpningerne kan stamme fra et større sammenhængende område med ledende materialer. Desværre nåede vi under udgravningerne ikke at afgrave i dette delområde, så den specifikke årsag til anomalien blev ikke klarlagt.

Det med rødt markerede område på figur 7.10 blev samlet tolket som hidrørende fra materialer med høj refleksion, som eksempelvis sten eller større faste genstande. Under afgravningen blev der afgravet en mindre del af dette område, og den beskrevne tolkning blev delvis bekræftet, som det fremgår af det følgende.

Non-invasive målinger sammenholdt med faktiske udgravninger

Som beskrevet senere i nærværende rapports afsnit 9.5 svarede de udgravede og sorterede affaldstyper ikke til det, som var forventet på baggrund af affaldsregistreringerne for den periode, hvor depotafsnittet blev opfyldt. Det var forventet, at hovedparten ville være storskrald og blandet affald; men det viste sig, at de afgravede områder hovedsageligt bestod af husholdningsaffald med mindre mængder storskrald.

Samtidig viste det sig, at der i det meste af det afgravede afsnit ikke var væsentlige variationer i affaldssammensætningen, hvilket betyder, at vi ikke på den baggrund kan påpege store områdemæssige affaldsvariationer, som kan sammenholdes med GroundTracer-resultaterne. En nærmere analyse af GroundTracer-resultaterne i figur 7.7 til 7.8 viser da også, at der i det afgravede område, som svarer til den sydvestlige tredjedel af området, ikke er påvist større horisontale ændringer i resultaterne fra hverken georadar- eller tracer-målingerne.

Resultaterne af refleksionerne påviste i ca. 1,35 m et lag, som vi tolkede som værende overgangen fra dæklaget til det egentlige affald (figur 7.8B). I den centrale del af det undersøgte område indikerer målingerne samtidig, at dæklaget kunne være tyndere, som illustreret i figur 7.8 A. Udbredelsen af dæklaget blev stort set bekræftet ved afgravningen.

De vertikale ændringer ned gennem affaldslagene, som vist i figur 7.7 og 7.8, udviser ikke væsentlige ændringer i det afgravede område. De øgede dæmpninger generelt i 5,91 m blev allerede inden afgravningen betegnet som usikre og lader sig ikke tolke direkte (figur 7.7 F).

Den relativt høje dæmpning i analysesporene under komposteringsområdet mod øst skyldes muligvis udvaskninger fra komposteringsprocesserne.

Under udgravningerne den 9. – 12. september blev der opgravet affald, hvor andelen af husholdningsaffald viste sig at være en del mindre end i de øvrige områder. I forbindelse med rapporteringen af registreringsarbejdet blev disse ændringer i affaldssammensætningen beskrevet. Der blev udmålt GPS-koordinater for gravefronten én af disse dage (12. september), så det antages, at området omkring disse koordinater udgør et område med mindre husholdningsaffald, men med større mængder af jord og plastik. Dette område er angivet som røde punkter på billede 7.5.

Billede 7.5 Udgravningens status omkring den 12. september set fra syd. De røde punkter angiver det område, inden for hvilket der var udgravet den 12. september, og hvor der var mindre husholdningsaffald.



Disse målepunkter er efterfølgende indtegnet på Google Earth kortet vist på figur 7.11 A. Det pågældende område falder sammen med den sydøstlige del af det med GroundTracer-undersøgte område. Ved den indledende tolkning blev netop denne del af depotet betegnet som et område, som muligvis indeholdt sten og større emner – og som tilsyneladende afveg fra affaldssammensætningen i de øvrige områder. Den faktiske afgravning har således bekræftet den tolkning, som er vist på figurerne 7.7–7.10.

Figur 7.11 GPS positioner for afgravningen den 12. september, hvor det opgravede affald viste mindre indhold af husholdningsaffald end tidligere.



7.3.2 Mulighederne for at benytte non-invasive målinger ved LFM

Det beskrevne forsøg med anvendelse af non-invasive undersøgelser i forbindelse med LFM har vist, at metoden kan generere brugbare data til tolkning af den fysiske sammensætning af et affaldsdepot. Det er imidlertid vanskeligt at gennemføre en tolkning af disse data, idet der ikke findes tilgængelige anvendelige data, hvor der er udført sådanne tolkninger. Til trods for, at det således er en relativt uprøvet metode, er det vor vurdering, at metoden bør kunne udvikles til et brugbart værktøj til med god præcision at vurdere sammensætningen af et depot inden eventuel iværksættelse af LFM.

I den konfiguration, hvor metoden blev anvendt, var der en række begrænsninger, som til dels var kendt i forvejen. Eksempelvis vil indtrængningsdybden for georadar være en begrænsning, som ikke umiddelbart kan elimineres. Imidlertid kan der ændres på radarbølgelængden, og der kan benyttes flere antenner, så der kan opnås bedre horisontal opløsning, samtidig med at der opnås flere kortlægningsdybder for tracer-delen.

Metoden kan også benyttes til at opspore ældre - især mindre - affaldsdepoter, hvis placering ikke kendes nøjagtigt. Der findes i dag et stort antal af disse mindre tidligere lossepladser eller affaldshuller, som med fordel kunne opspores, eftervises og registreres med GroundTracer.

GroundTracer-metoden er en meget hurtig undersøgelsesmetode, som ikke kræver de store fysiske tiltag. Og desuden er omkostningerne meget lave til sådanne undersøgelser.

7.4 Arbejdsplan - metode til materialehåndtering, karakterisering af affaldet (typer, fraktioner, automatisering etc.)

Der er udarbejdet en samlet arbejdsplan for afgravningen af en anslået affaldsmængde på op til 5.000-8.000 ton affald. Planen indbefatter en generel graveplan og retningslinjer for materialehåndtering. Se situationsplan [Bilag 2](#) og afgravningsområde [Bilag 3](#).

Etape 1 vil blive udgravet fra sydvest, jf. figur 7.12. Indledningsvist afgraves 1 meter ren topjord fra skrænterne og 0,0-0,5 m ren topjord og grus fra toppen, der lægges i mellemdepot umiddelbart vest for etape 1, hvor det afventer retablering af gravefeltet. Det påtænkte grave-

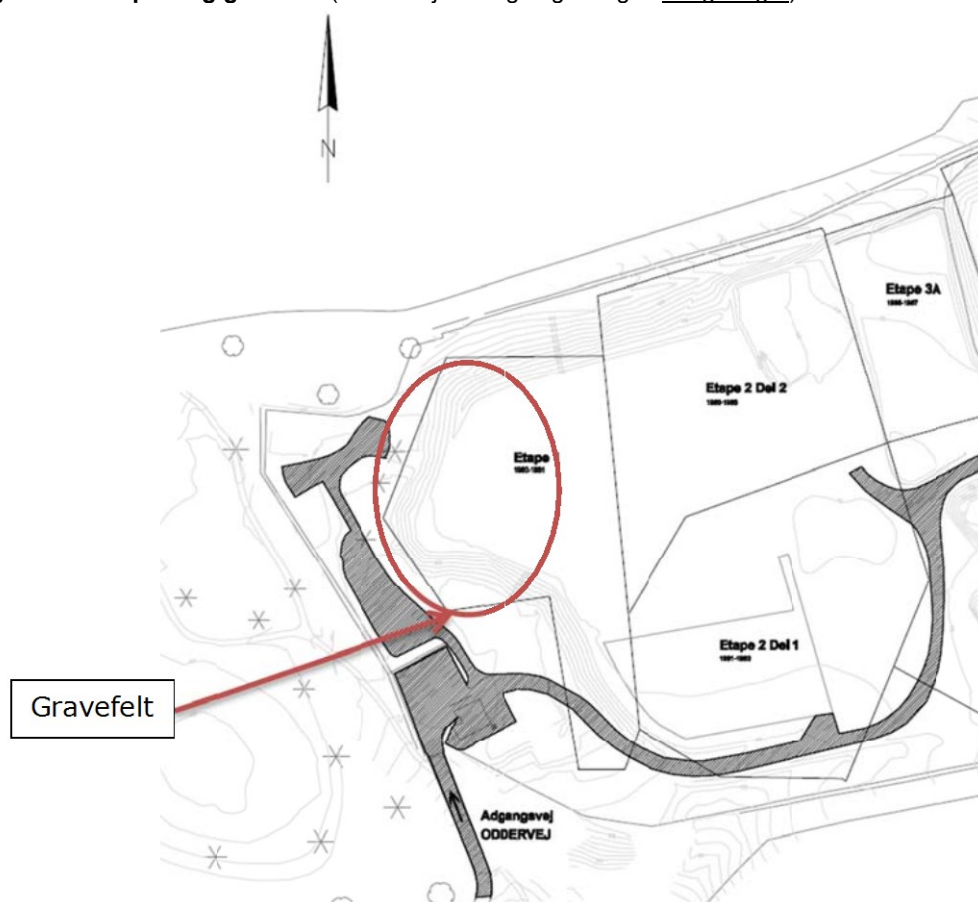
felt er flere steder påvirket af traktose med det resultat, at der flere steder står blankt vand i dag.

Terrænkoten ved foden af etappen er ca. +62 (m DNN), og koten på toppen af den vestlige del af etape 1 er i dag ca. +69 (m DNN). Forud for gravearbejdet vil der blive udført en detaljeret indmåling af området i forhold til m DVR90.

Det er i "Vurdering af gradientforhold under Skårup losseplads, 1/3 2002, COWI" vurderet, at bundkoten af ældre losseplads er ca. 58-59 m DNN, mens bundkoten for etape 1 ikke er fastlagt. Vurderet ud fra eksisterende drænbrønde ved foden af skrænten mod vest, er drænsystemet beliggende ca. 5 m u.t., svarende til ca. kote 57 m DNN. Af en ældre tegning, fra etablering af etape 1, ses en angivelse af en daværende kote på ca. 58 m DNN inden udlægning af affald.

Det vurderes derfor, at højden af affaldet er 10-11 meter, og der graves til overkant af drænsystemet.

Figur 7.12. Etape 1 og gravefelt (For detaljeret tegning se også [Bilag 2 og 3](#)):



Det vurderes i det følgende, at massefylden af affaldet er ca. 1 ton/m³, hvilket betyder, at 5.000 ton svarer til 5.000 m³ affald. Der graves med anlæg 1:1, hvorfor der skal afrymmes ren overjord inden for et areal på minimum 1.000 m². Der indlægges dog en sikkerhedsmargin, således at der rømmes overjord på et areal på ca. 1.400 m², jf. [bilag 2](#).

Opgravet affald sorteres på etape 1, således at denne aktivitet foregår over eksisterende lermembran. Der etableres indledningsvist et vandret plateau i den vestlige del af etape 1, hvorpå en eller flere sorterere placeres.

I dette område graves der således ikke ned til lermembranen, men efterlades 2-5 meter affald, som sortererne placeres på, evt. efter udlægning af køreplader.

Opgravet jord til kartering placeres midlertidigt på etape 2, hvor der i dag foregår oplag af slagge og/eller på etape 4, hvor der har været oplag af rent træ. Opgravet/sorteret farligt affald placeres i lukkede containere inden bortkørsel til godkendte modtagere.

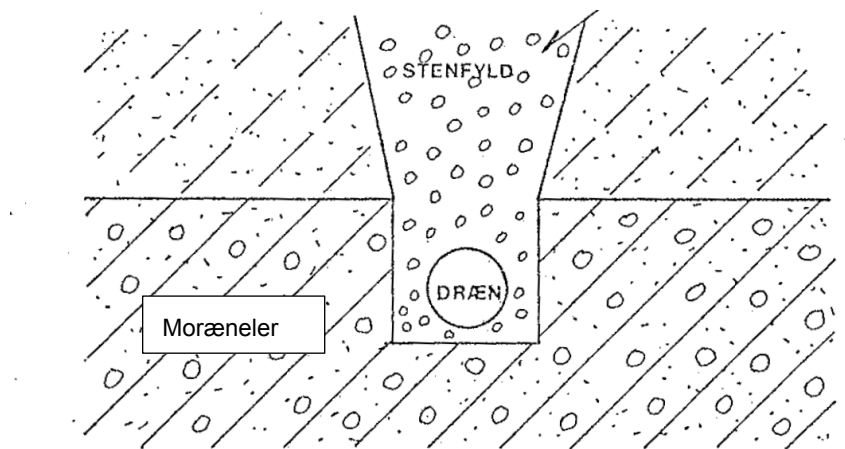
Da al opgravning og sortering af affald i forsøgsperioden foregår oven på membran og drænsystem til etape 1, vurderes der ikke at være risiko for forurening af hverken jord eller grundvand.

Kartering af frasorteret jord fra etape 1 foregår i forsøgsperioden på etape 2 og/eller etape 4, hvorunder der ligeledes er membran. Kartering af formodet ren og lettere forurenede jord vurderes derfor heller ikke at udgøre en risiko for hverken jord eller grundvand. Skulle der imod forventning træffes kraftigere forurenede jord ved karteringen, vil dette straks blive bortskaffet til godkendt modtager.

Den største risiko for forurening af jord eller grundvand vurderes at være i tilfælde af beskadigelse af drænsystemet under etape 1.

I henhold til miljøgodkendelsen fra 1979 består membranen af minimum 1 meter fed ler. Lerlaget er overalt dækket af minimum 10 cm groft grus. Drænsystemet er gravet ned i lermembranen og dækket af stenfyld, som vist på nedenstående skitse fra 1979.

Figur 7.13 Snittegning af dræn. Kilde: Miljøgodkendelse etape 1 og 2.



I forbindelse med opgravning og sortering af affald vil der tydeligt vise sig linjer af stenfyld i nærheden af bunden af udgravningen. Disse vil tydeligt vise, hvorunder drænsystemet befinder sig. Endvidere vil selve drænrørene være nedgravet i den omkringliggende lermembran, som ikke vil blive bortgravet.

Ved eventuelle skader på drænrør vil al opgravning og sortering straks blive standset, hvorefter drænrøret straks vil blive repareret.

7.4.1 Sortering af affaldet

Af pladshensyn afregnes der mere plads på etape 1, end det er nødvendigt for at opgrave 5.000 ton affald. Dette gøres for at få plads til, at sorteringen kan foregå over membranen under etape 1. Det anslåede areal, der afregnes, fremgår af [bilag 2](#).

Figur 7.14 Nuværende indretning, sortering (ikke målfast figur)



Der etableres indledningsvist et vandret plateau i den sydvestlige del af etape 1, hvorpå en eller flere sortermaskiner placeres. I dette område graves der således ikke ned til lermembranen, men efterlades 2-5 meter affald, som sortermaskinerne placeres på, evt. efter udlægning af køreplader.

Selve opgravningen sker med 1-2 gravemaskiner, en gummihjulslæsser og en dumper til intern transport.

7.4.2 Procesforløb ved afgravning og sortering

- Indledningsvist udføres miljøtekniske undersøgelser af gravefeltet, ved bl.a. gasanalyser og jordprøver. Endvidere udføres non-invasive undersøgelser med henblik på om muligt at udføre en forkarakterisering af affaldet.
- Herefter følger en afrømning af ren overjord fra skrænter og top af etapen.
- Afgravningen udføres fra vest ved at grave ind i affaldet fra denne retning. Afgravningen forløber under miljøtilsyn fra DGE Miljø- og Ingeniørfirma A/S.
- Affaldet sorteres løbende i forbindelse med afgravningen. Ved sorteringen afprøves diverse metoder til fraktionering af affaldet.
- Sortering sker inde på etapen, over lermembran.
- Træffes der farligt affald i form af f.eks. asbestaffald, placeres dette straks i lukkede containere, med henblik på registrering og bortskaffelse til godkendt modtager.
- Store betonbrokker placeres derefter på etape 9, hvor der foregår nedknusning og karakterisering af materialet. Små bygningsdele såsom beton, tegl, klinker mv. placeres på etape 4A. Materialet vil derefter blive genanvendt til fx. bygge- og anlægsformål.

- Jord fra daglig afdækning mv. placeres på etape 2 og/eller 4. Der vil her foregå kartering af jorden, hvorefter det besluttes, om jorden skal genplaceres eller bortskaffes til godkendt jordmodtager.
- Affald, der ikke kan genanvendes eller forbrændes, gendeposeres på etape 6.

Der er adgang til pladsen via eksisterende indkørsel fra syd, hvor også brovægten er placeret. Gravearbejde og efterfølgende sortering vil i videst muligt omfang udføres, således at det ikke er til gene for de øvrige aktiviteter på deponiet.

Figur 7.15 Nuværende indretning, gravefelt (ikke målfast figur)



7.4.3 Håndtering af forurenede og farligt affald

Entreprenøren, Kingo Karlsen A/S (Kingo), er specialist i nedbrydning af bygninger og udfører dagligt miljøsanering af bygninger, hvor der produceres farligt affald i form af asbestholdige byggematerialer samt byggematerialer forurenede med miljøfremmede stoffer såsom Polychlorinated Biphenyl (PCB), tungmetaller mv. Entreprenøren har endvidere en nærliggende plads til modtagelse af kraftigt forurenede jord og farligt affald i Silkeborg. Her foregår der bl.a. daglig sortering og knusning af affald.

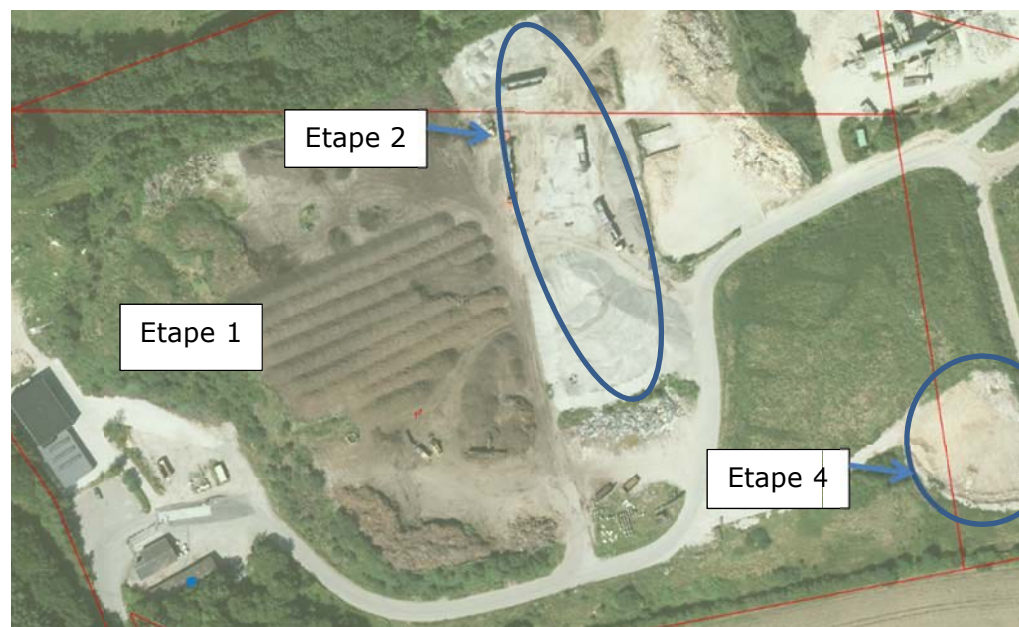
Kingos erfaring med disse nærtbeslægtede discipliner og med beskyttelse af både egne ansatte og det omgivende miljø vil naturligvis komme projektet til gode i forbindelse med udarbejdelse af Plan for Sikkerhed og Sundhed, PSS.

Jord

Det forventes, at der i projektet skal håndteres ca. 2.000-2.500 ton jord, når der ses bort fra den rene topjord, der pt. er anvendt til afdækning af skrænter og top.

Karteringen kan foregå på etape 2, hvor der i dag er oplag af slagge eller på den sydlige del af etape 4, hvor der tidligere har været oplag af rent træ.

Figur 7.16 Jordkartering, område 2 og 4 (ikke målfast figur)



Ved oplag af ca. 2.500 ton jord i miler kræves et areal på ca. 1.500 m².

Jorden karteres, hvorefter det besluttes, hvorvidt jorden skal genanvendes i etape 1 eller bortskaffes til godkendt modtager.

Ren og lettere forurennet jord genplaceres på etape 1 eller genanvendes til afdækning på andre, åbne etaper. Genanvendelse af lettere forurennet jord i etape 1, kræver dokumentation for, at drænsystemet herunder fungerer efter hensigten.

Træffes der, imod forventning, jord med kraftigere forurening, bortkøres denne til godkendt modtager.

Asbest

I henhold til de foreliggende informationer, skal der ikke have været deponeret asbestholdigt affald på etape 1.

Der graves i den vestligste og ældste del af etape 1 fra omkring 1979 og 1980, hvor asbestproblematikken kun lige var begyndt i Danmark. Byggeaffald blev traditionelt gravet ned på byggepladsen, og nedbrydning af asbestholdige materialer begynder først i midten og slutningen af 1980'erne.

Skulle der, imod forventning, træffes asbestholdigt affald, bortskaffes dette, idet formålet med projektet er at guide fremtidige storskalaoprensninger af ukontrollerede fyld- og lossepladser samt kontrollerede deponier, hvorunder alle typer affald skal kunne håndteres.

Såfremt der træffes asbestholdige materialer i form af eternitplader eller klinker med fliseklæb mv., stoppes afgravningen i dette område, hvorefter der evt. udtages verificerende prøver. Det asbestholdige affald vil herefter blive håndteret af erfarne nedbrydere/entreprenører, der sorterer materialet skånsomt. Materialet placeres i egnede, overdækkede containere og bortskaffes til godkendt modtager.

Det opgravede affald er som udgangspunkt forholdsvist fugtigt, hvorfor støvbelastningen er af begrænset omfang under sorteringen. Såfremt det er nødvendigt, anvendes vand til sprinkling i denne proces. Ved håndtering af asbestholdigt affald vil sikkerhedskoordinatoren altid blive tilkaldt.

Polychlorinated Biphenyl (PCB)

Al sortering vil i dette forsøgsprojekt foregå som udendørs arbejde.

PCB udgør som udgangspunkt den største risiko i forhold til indeklima. PCB udgør en mindre risiko ved sortering af f.eks. beton og tegl forurenet med PCB, når dette foregår udendørs. Det opgravede affald er som udgangspunkt forholdsvist fugtigt, hvorfor støvbelastningen er af begrænset omfang under sorteringen. Såfremt det er nødvendigt, anvendes vand til sprinkling i denne proces.

Frasorteret byggeaffald i form af store betonstykker placeres på etape 9, hvortil der foreligger en miljøtilladelse til nedknusning af byggeaffald. Mindre stykker af byggeaffald i form af tegl, beton, klinker mv. placeres på etape 4A, hvor denne type affald håndteres i dag.

Byggeaffaldet karteres ved udtagning af prøver for hver 120 ton. Forurenet eller farligt byggeaffald bortskaffes til godkendte modtagere, mens rene nedknuste byggematerialer genanvendes.

7.4.4 Luftforurening og emissioner

Opgravning af deponeret affald kan potentielt give anledning til en diffus emission af miljøfremmede stoffer. Dette vurderes dog at være af beskedent omfang ved den aktuelle etape, og vurderes i øvrigt ikke at afvige væsentligt fra de øvrige emissioner på pladsen ved den eksisterende drift.

Erfaringerne fra tidligere projekter, hhv. REFA, Gerringe Deponi (RenoSam, 2012), AV Miljø (SHERMAN) (Hyks et. al., 2016), viser, at der typisk ikke er problemer med luftforurening eller lugtgener i forbindelse med opgravning af tidligere deponeret affald. Dette forventes ligeledes at være tilfældet i dette projekt, hvor der tages alle forholdsregler for at minimere påvirkning og gener for medarbejdere og ansatte på deponiet samt det omgivende miljø i øvrigt.

Der er udført målinger for indhold af metan på pladsen i "*Skårup Deponi, Gasemission og grundvandsmoniteringsboring, marts 2014, Rambøll*", hvor seneste målinger fra etape 1 og 2.2 viser en samlet emission på 11,9 kg metan i timen. Dette skal dog ses i lyset af den pågående kompostering oven på etape 1, hvilket i rapporten vurderes at bidrage signifikant til den samlede emission.

I en enkelt perkolatbrønd centralt beliggende på etape 1 ses et indhold af metan på mere end 6 %, hvilket er på niveau med den nedre eksplosionsgrænse. Dette kontrolleres naturligvis umiddelbart inden, gravearbejdet igangsættes.

Viser det sig, at der kan konstateres indhold af metan over 1 % (nedre alarmgrænse) i jorden i gravefeltet igangsættes ventilerende aktiviteter forud for gravearbejdet, således at risikoen for

eksplosioner elimineres. Der forefindes altid eksplosionsmetre og håndholdte gasmålere på pladsen i forbindelse med gravearbejdet.

LFM-projektet vil mindske metan-produktionen i gravefeltet, og dermed den fremtidige metan-emission fra lokalområdet.

Gasmåleren kvantificerer endvidere ilt (%), metan og H₂ (% LEL), svovlbrinte (ppm) samt kuldi-oxid (ppm).

Såfremt der konstateres faldende indhold af O₂ (<19 %) eller stigende indhold af CH₄ (> 1%), H₂ (>1 %), H₂S (>5 ppm) eller CO₂ (>5.000 ppm) i udgravningen, vil arbejdet straks blive standset, og der iværksættes ventilerende tiltag.

PCB udgør en mindre risiko ved sortering af f.eks. beton og tegl forurenet med PCB, når dette foregår udendørs. Asbest og PCB udgør som udgangspunkt størst risiko ved støvende arbejde. Det opgravede affald er som udgangspunkt forholdsvis fugtigt, hvorfor støvbelastningen er af begrænset omfang under sorteringen. Såfremt det er nødvendigt, anvendes vand til sprinkling i denne proces.

7.4.5 Spildevand

Der bliver ikke produceret spildevand ved det ansøgte projekt. Sortering af affaldet vil foregå inde over eksisterende membran under etape 1.

Hvis perkolatsystemet beskadiges ved gravearbejdet, vil dette straks blive retableret.

7.4.6 Støj

Der forventes ikke at være støjpåvirkning, der adskiller sig fra den nuværende drift. Gravearbejde og sortering vil foregå inden for normal driftstid på pladsen.

Der vil blive testet nye typer af sorteringsmaskiner, som ligeledes vil være i drift i forbindelse med normal driftstid.

I overgangsplanen og revurderingen for Affaldscenter Skårup dateret den 23. december 2009 er givet en række støjkrav, der i 2009 uden problemer kunne overholdes.

Siden 2009 har Renosyd I/S indført kildesortering af husholdningsaffald hos borgerne i Skanderborg og Odder kommuner, hvilket blandt andet har været medvirkende årsag til, at kørsel til og fra anlægget samt visse aktiviteter på pladsen har været faldende. Sorteringsaktiviteterne på pladsen er således stort set ophørt. I 2014 er der indvejet i alt 55.078 ton affald på Skårup, hvoraf 2.398 ton jord er indvejet til retablering. Opgravning af 2.000-2.500 ton jord fra etape 1 vil i teorien kunne erstatte den årlige retablering og dermed gøre denne andel af projektet støj-neutral.

Det vurderes derfor, at støjbelastningen fra transport og sortering i den ansøgte midlertidige forsøgsprojektperiode ikke vil overstige de gældende vilkår til støjgrænser (Vilkår F1).

Af samme grund vurderes det heller ikke, at bidrag fra vibrationer i den midlertidige projektperiode vil overstige de gældende vilkår til vibrationer

7.4.7 Kontrol og dokumentation af opgravede mængder

Det dokumenteres løbende/dagligt ved projektets afslutning, hvor meget affald der er opgravet. Herunder opgøres mængden i de enkelte affaldsfraktioner.

Ligeledes dokumenteres, hvilke dele af affaldet der er gendeponeret, genanvendt, forbrændt eller bortskaffet til godkendte modtagere, samt hvortil dette er sket.

Data indsamlet under projektet fremsendes til tilsynsmyndigheden, evt. i forbindelse med årsrapporteringen.

Opgravet affald, der ikke kan genanvendes eller nyttiggøres, vejes på brovægt inden evt. gendeponering.

Såfremt dræn- og perkolatsystemet bliver beskadiget, vil alle graveaktiviteter ophøre, indtil de nødvendige reparationer er foretaget. Alle eventuelle reparationer udføres straks.

7.4.8 Retablering af etape 1 efter opgravning

Arealet retableres mindre stejlt end den nuværende slutfærdig. Herved tilnærmes den endelige retableringsplan, der netop er mindre stejl i vestlig retning.

Retableringen sker med den rene overjord, der ligger i mellemdepot. Desuden ønskes det, at der afsluttes med et lag kompost, der fungerer som et Biocover i forhold til lossepladsgas.

7.5 Forureningsmæssig status - herunder prøvetagningsplan og forundersøgelser for lossepladsgas og recipienter

Den forureningsmæssige status for depotet omfatter selve depotet, men også de underliggende jordlag og det omkringliggende område. Der benyttes allerede indsamlet viden om de geologiske og forureningsmæssige forhold. I projektet foretages supplerende miljøtekniske undersøgelser for at fastlægge den forureningsmæssige status, førend opgravningen iværksættes.

7.5.1 Dokumentation af recipient Sønderbækken

For at kunne dokumentere, hvorvidt projektet påvirker Sønderbæk, er der stillet vilkår om udtagning af en vandprøve for analyse inden projektets start og umiddelbart efter projektets afslutning.

Resultatet af vandprøven kan ses herunder i tabel 7.1 (samt i [Bilag 4](#)).

Tabel 7.1 Analyseresultater Sønderbækken, 29. juni 2016, Eurofins

Parameter	Resultat	Enhed	DL	Metode
pH	7,5	pH	2	DS/EN ISO 10523
Konduktivitet (ledningsevne)	67	mS/m	0,1	DS/EN 27888
Uorganiske forbindelser				
Ammonium-N	0,048	mg/l	0,004	SM 17. udg. 4500-NH3 (H)
Nitrat-N	13	mg/l	0,07	SM 17. udg. 4500-NO3 (H)
Chlorid	44	mg/l	1	SM 17. udg. 4500-Cl (E)
Sulfat	36	mg/l	0,5	SM 17. udg. 4500-SO4 (E)
Hydrogencarbonat	226	mg/l	3	DS/EN ISO 9963
Metaller				
Bor (B)	140	µg/l	1	DS/EN ISO 17294.m:2005 ICP-MS
Jern (Fe)	1,3	mg/l	0,01	DS/EN ISO 17294.m:2005 ICP-MS
Kalium (K)	13	mg/l	0,05	DS/EN ISO 17294.m:2005 ICP-MS
Kobber (Cu)	6,4	µg/l	0,03	DS/EN ISO 17294.m:2005 ICP-MS
Magnesium (Mg)	9,6	mg/l	0,1	DS/EN ISO 17294.m:2005 ICP-MS

Nikkel (Ni)	4,8	µg/l	0,03	DS/EN ISO 17294.m:2005 ICP-MS
Zink (Zn)	21	µg/l	0,3	DS/EN ISO 17294.m:2005 ICP-MS
Organiske samleparametre				
COD, Kemisk iltforbrug	19	mg/l	5	DS/EN ISO 15705
NVOC (Ikke flygt org. carbon)	6,7	mg/l	0,1	DS/EN 1484

Kombinationen af, at afgravningen af affald i forbindelse med projektet har været af betydeligt mindre omfang end forventet, at gravearbejdet udelukkende er foregået i behørig afstand fra Sønderbæk, og at nedbørsforholdene under forsøget har ledt til meget begrænsede mængder overfladevand, er det Miljøstyrelsens vurdering, at der ikke har været reel risiko for påvirkning af Sønderbækken i forbindelse med projektet. Miljøstyrelsen har derfor accepteret, at den planlagte prøvetagning og analyse af vand fra Sønderbækken i forbindelse med projektets afslutning annulleres.

7.5.2 Målinger af lossepladsgas

Det er Miljøstyrelsens vurdering, at der bør ske monitoring for deponigas ved opgravningen på etape 1. Det vurderes dog, at gasdannelsen sandsynligvis er begrænset, da der formentlig kun er deponeret en mindre mængde biologisk nedbrydeligt affald. Desuden sker udgravningen i en åben udgravning, hvor der er god udluftning.

Forud for igangsætning af affaldsopgravning og sortering på etape 1 er der i forbindelse med karakterisering og klargøring af etappen udført en række indledende gasmålinger inden for det planlagte graveområde.

Figur 7.17 Placering af poreluftsonder, PL201-PL210, til måling af gas



Der er den 28. juni 2016 etableret 10 poreluftsonder, PL201-PL210, ved nedramning af Ø12 mm aluminiumsspyd til 1 meter under terræn.

På grund af brokker samt overfladevand var det ikke muligt at nedramme sonder oven på etape 1. Sonderne er derfor placeret på kanterne og nede ad skrænterne.

Gasprøverne udtages som poseprøver med alm. 12V poreluftpumper via vakuumkammer. Spyddene forpumpes ved et flow på 2 l/min i ca. 1 minut før prøvetagning.

Gasmålinger den 28. juni 2016

Det var på forhånd forventet, at der ikke findes nævneværdig produktion af metangas sted på etape 1.

Derfor anvendes en IR-gasmåler af typen Multi-RAE, der måler metangas i intervallet 0-100 % LEL (Lower Explosion Limit), svarende til 0-5 vol. %

Tabel 7.2 Gasmålinger den 28. juni 2016

Gas	PL201	PL202	PL203	PL204	PL205
Metan CH ₄ (vol. %)	>5	>5	-	>5	-
Svovlbrinte H ₂ S (ppm)	71	45	-	51	-
Kuldioxid CO ₂ (%)	>5	>5	-	>5	-
Ilt O ₂ (%)	5,9	0	-	0	-
Gas	PL206	PL207	PL208	PL209	PL210
Metan CH ₄ (vol. %)	>5	0	0	0	1,25
Svovlbrinte H ₂ S (ppm)	248	0	0	0	0
Kuldioxid CO ₂ (%)	>5	4,5	>5	4,3	>5
Ilt O ₂ (%)	0	16,1	9,4	16,7	0,9
Signaturforklaring:					
- Måling Ikke mulig pga. højtstående vand					

Det var ikke muligt at udtage en poreluftprøve fra Sonde PL203 og PL205, idet der blev suget vand op i spyddet.

Det ses, at der er fuldt udslag for metan i punkterne PL201, PL202, PL204 og PL206.

På baggrund af de høje indhold af metan anskaffes en biogas-måler af typen Optima7biogas, der måler både ilt og kuldioxid i intervallet 0-100 vol. %. Herefter gentages gasmålingerne den 6. juli 2016 (se næste afsnit).

Gasmålinger den 6. juli 2016

PL203 og PL205 blev indledningsvist flyttet nærmere skrænten af etape 1, hvorefter det var muligt at opsamle poreluft uden at oppumpe højtstående vand i stedet.

Af nedenstående tabel 7.3, fremgår målingerne af hhv. metan, svovlbrinte, kuldioxid og ilt i samtlige 10 poreluftsonderinger.

Tabel 7.3 Gasmålinger den 6. juli 2016

Gas	PL201	PL202	PL203	PL204	PL205
Metan CH ₄ (vol. %)	50,29	34,05	2,09	58,64	0
Svovlbrinte H ₂ S (ppm)	9	6	0	8	0
Kuldioxid CO ₂ (%)	27,18	17,68	17,48	32,75	6,72
Ilt O ₂ (%)	3,6	0,2	2,0	0,1	15,2
Gas	PL206	PL207	PL208	PL209	PL210
Metan CH ₄ (vol. %)	18,18	0	0	0,03	6,78
Svovlbrinte H ₂ S (ppm)	12	0	0	0	0
Kuldioxid CO ₂ (%)	11,84	6,13	7,96	5,03	17,8
Ilt O ₂ (%)	15,7	16,0	16,1	16,1	0,2

Signaturforklaring:

- Måling Ikke mulig pga. højtstående vand

Som det fremgår af tabel 7.3, ses der indhold af metan over den nedre eksplosionsgrænse på 5 vol. % i fem af 10 sonderinger.

Områderne med forhøjet indhold af metan er generelt sammenfaldende med områder, hvor der er forhøjet indhold af kuldioxid. Ydermere ses der i samme områder lave indhold af ilt og tegn på dannelse af svovlbrinte.

Tolkningen af området med indhold af metan over hhv. 50 % og 5 % fremgår af figur 7.18.

Figur 7.18 Tolkning af metanudbredelsen, hhv. >50 % og >5 %



Tolkningen af udbredelsen af metan er udført på et spinkelt datagrundlag og mangler naturligvis nogle støttepunkter bl.a. oven på etappen, hvor det ikke var muligt at udtage poreluftprøver.

Der er konstateret meget høje indhold af metan (> 50 vol. %) i poreluftpunkterne PL201 og PL204.

Det vurderes, at der er vandmættede forhold i de øverste 0-1 m af topafdækningen på etape 1. Det vurderes, at dette lag virker som et låg, hvorunder der kan ophobes bl.a. metangas, der må formodes at undslippe til atmosfæren via skrænterne, hvor der træffes porøse fyldlag, der primært vurderes at bestå af muld.

I sonderingerne PL201, PL202, PL204 og PL206 er der under forpumpningen tydeligt lugtet svovlbrinte. Der er i disse punkter konstateret indhold af svovlbrinte på mere end 5 ppm, hvilket er grænseværdien i arbejdsmiljøsammenhæng. Til sammenligning er lugtgrænsen for svovlbrinte ca. 0,0005 ppm.

Målingerne viser generelt nødvendigheden af at bære gasalarmer, der overvåger bl.a. koncentration af metan, svovlbrinte og ilt. Der gøres i denne forbindelse opmærksom på, at metan er lettere end luft, mens svovlbrinte er tungere.

Topjord af overside og skrænter afrykkes. Straks herefter graves et antal render i toppen samt i skrænterne i nærheden af PL201 og PL204. Herved afgasses etappen til atmosfæren, inden selve gravearbejdet igangsættes.

Effekten af ventilationsrenderne kan relativt hurtigt monitoreres ved at etablere nye spyd 1 m u.t. ved hver rende.

7.6 Arbejdsmiljø

Arbejdsmiljøforholdene for det personale, som foretager håndtering af selve affaldet, og for det personale, som leder og fører tilsyn med projektet, er planlagt inden opstarten i samarbejde med Renosyds faste personale på Skårup Affaldscenter.

Mandag den 8. august 2016 ved arbejdets påbegyndelse afholdtes et opstartsmøde, hvor såvel de direkte involverede medarbejdere, underleverandører som de normalt ansatte ved Skårup Affaldscenter deltog. Desuden deltog de væsentligste projektdeltagere og den ingeniørpraktikant, som via DGE var tilknyttet projektet. Opstartsmødet indeholdt:

- A. Information om projektets formål, indhold, deltagere og varighed
- B. Gennemgang af Plan for Sikkerhed og Sundhed
- C. Oplæg til ArbejdsPladsVurdering - APV
- D. Praktiske forhold om omklædning, toiletter, spiseplads etc.
- E. Gennemgang af de obligatoriske personlige værnemidler
- F. Arbejdstid og pauser
- G. Krav om registreringer af tidsforbrug, vejning af affaldet i fraktioner
- H. Plan for arbejdets enkelte etaper.

7.6.1 Plan for Sikkerhed og Sundhed (PSS)

Selvom antallet af medarbejdere ikke ville overstige fem personer på arbejdspladsen, udarbejdedes en PSS for projektet (Bilag 5). Det vurderedes, at der var så mange usædvanlige forhold, der kunne opstå, at både arbejdsmiljø og sikkerhed burde gennemarbejdes på forhånd.

PSS indledes med en oversigt over miljø- og sikkerhedsarbejdets organisering. Renosyd I/S betragtedes formelt som arbejdsgiver og bygherre.

Driftsleder for Skårup Affaldscenter, Søren Nielsen, udpegedes som bygherrens repræsentant. Kingos arbejdsledelse af LFM-projektet blev udført af Gert Amdi Kjeldsen.

PSS indeholder desuden en beskrivelse af projektets formål og indhold samt en forventet tidsplan for de enkelte faser i projektet.

Endvidere indeholder PSS en omtale af den APV (Bilag 6), som gennemføres for hver enkelt medarbejder og en gennemgang af de særlige faremomenter, som på forhånd kan identificeres - f.eks.:

- A. Gasudsivning (medarbejderne bærer alle personlige gas-detektorer)
- B. Færdsel med flere entreprenørmaskiner på et mindre område
- C. Færdsel med maskiner på affald, som kan skride og blive blødt
- D. Færdsel til fods i nærheden af entreprenørmaskiner, som arbejder
- E. Afspærring af arbejdsområdet for uvedkommende
- F. Retningslinjer for håndtering af farligt affald (akkumulatorer, kemikalierester, asbestholdigt materiale osv.).

I PSS foreskrives også obligatorisk brug af personlige værnemidler: sikkerhedsfodtøj, synlighedsvest, hjelm, og kemikalieresistente handsker. Der er udarbejdet en særlig gasinstruks i forbindelse med projektet (Bilag 7).

Til brug for den daglige drift på deponiet er der udformet en drifts- og sikkerhedsinstruks, som er revideret senest i februar 2008. Instruksen redegør for de arbejdsrutiner og kontroller, der skal forebygge gener under driften samt minimere konsekvensen af eventuelle opståede problemer. I forbindelse med projektet er udarbejdet en særlig APV.

8. Hovedafgravning samt for- og grovsortering af affaldet

Selve hovedopgravningen og de efterfølgende sorteringsoperationer var den væsentligste del af projektet, og der blev derfor lagt vægt på, at der blev indhentet og registreret størst mulig viden og erfaring både om forhold, som specifikt angik det konkrete forsøgsprojekt, og om mere generelle spørgsmål.

Dette kapitel 8. omhandler den praktiske udførelse af åbningen af deponiet, efterfulgt af udgravningen og grovsorteringen af affaldet. I kapitel 9. omtales den efterfølgende udsortering (=”eftersortering”) i de reneest mulige fraktioner herunder de salgbare og genanvendelige fraktioner, og desuden opstilles en samlet oversigt over det udgravede affalds materialetyper.

Udgravnings- og sorteringsarbejdet blev udført af medarbejdere og materiel fra Kingo Karlsen A/S i Silkeborg eller fra Kingos underleverandører. Arbejdet skete i samarbejde med DGE og med Renosyds lokale ledelse og ansatte, og alle vejninger blev udført på Renosyds brovægte. Kingo stod for den generelle ledelse, og DGE stod for målinger og rådgivning vedr. arbejdsmiljø og eksternt miljø. En ingeniørpraktikant tilknyttet DGE udførte under hele projektforsøget en række målinger og registreringer.

Kingo i Silkeborg arbejder i sit normale virke med at sortere forskellige materialer, herunder jord og forskelligt byggeaffald såsom brokker, tegl, natursten o. lign. Forud for projektet havde Kingo afsøgt markedet for relevante metoder og maskiner til sortering af affald. Man havde bl.a. afholdt en række møder med potentielle maskinleverandører og samarbejdspartnere. Konklusionerne fra denne planlægningsfase var noteret og blev drøftet i styregruppen. Efter de afholdte møder var der særligt et enkelt punkt, som stod til diskussion: Ville det være formålstjenligt at starte med en neddeling af affaldet inden mekanisk sortering? Man valgte ikke at neddele affaldet inden mekanisk sortering ud fra den begrundelse, at man hellere ved en forsortering med sorter-grab (et ”gribe-næb” monteret på en gravemaskine) ville udsortere de store emner (bildæk, store jern-emner, stort træ, tæpper o.lign.) for at øge genanvendelsesmulighederne for disse emner samtidig med, at det resterende affald blev bedre egnet til en grovsortering på et mekanisk sorteringsanlæg.

I dette planlægningsarbejde havde man forudsat, at affaldet ville indeholde en væsentlig andel af storskrald. I praksis viste det sig, at mængden af storskrald var en hel del mindre end ventet, og at indholdet af husholdningsaffald og jord var tilsvarende større. Dette gav nogle udfordringer for sorteringsarbejdet, som vil blive omtalt i dette og det følgende kapitel.

8.1 Projektets etaper og varighed

Tidsmæssigt løb det praktiske projektarbejde fra den 8. august til den 11. oktober 2016. Der blev i denne periode afholdt ugentlige planlægningsmøder. Arbejdet blev dokumenteret med dagbogsnotater, fotograferinger og tidsregistreringer, og alle affaldsfraktioner blev vejlet på Renosyds lokale brovægt. Tabel 8.1 viser en oversigt over de enkelte trin i arbejdet samt det tidsforbrug, som blev registreret. En serie fotos af projektforsøget er indeholdt i [Bilag 12](#) ”LFM Fotos projektforsøg”.

Tabel 8.1 Tidsforbrug

			Varighed	
			Arbejds- dage a 7,5 timer	Arbejds- timer med 3 pers.
AP 4	1	Afgravning af dækjord fra top og skråninger	3,5	26
	2	Udgravning , forsortering og grovsortering - inkl. vejning og borttransport til mellemlager	26	195
AP 5	3	Eftersortering af fraktioner fra grovsortering		
		- Eftersortering af grovfraktion	7	54
		- Eftersortering af mellemfraktion	3,5	27
	4	Retablering af deponiet med ikke-nyttiggjort affald	2	14
	5	Retablering af deponiet afdækningsjord og biocover	3,5	26
Varighed i alt 1-5			45,5	342

Noter: Arbejdsdage er kalkuleret som arbejdsdage a 7,5 timer
Arbejdstimer gælder 3 medarbejdere. Arbejdstimer i alt fås ved multiplikation med 3.
Arbejdstiden er inkl. klargøring, reparationer, instruktion etc.

På forhånd var opstillet et antal nummererede affaldsfraktioner, som ventedes at fremkomme ved forsortering, grovsortering og eftersortering. Ikke alle fraktioner blev dog fundet og udsorteret i praksis. I Bilag 8 er vist en oversigt over de fraktioner, som faktisk blev brugt.

8.2 Maskinel og mandskab

8.2.1 Maskiner

1. Gravemaskine 1: Volvo 210 BLC, 23 ton med 1 m³ skovl samt sortergrab. Lejet med fører fra TLM Herskind Entreprenørforretning ApS, Galten.
2. Læssemaskine ('gummiged'): Caterpillar 972 H, 26 ton, 6 m³ skovl. Kingo K. A/S.
3. Dumper: TEREX TA 27, 27 ton, kapacitet ca. 11 m³ svarende til 18 ton jord. Lejet uden fører fra Pon Equipment A/S (CAT)
4. Sorteringsanlæg: Keestrack S 175 ('vibrationssold'/'rystesorterer'/'scalper'), Fødekas- se 9,5 m³, grovsold stålfingre m. afstand 51 mm, bundsold hulplade med 40 mm eller 20 mm 6-kantede huller, 3 udløbsbånd.
Til affaldssorteringen blev monteret 2 overbåndsmagneter på hhv. grov- og mellem- fraktionsbånd. Over grovbåndet blev desuden ophængt en vakuum enhed (ventilator med kraftige skovlblade) til afsugning af let plastfolie og lign.
Sorteringsanlægget blev leveret af TNS-IMEX A/S til Kingo Karlsen A/S i 2015.
5. Gravemaskine 2: Volvo 380, 38 ton gravemaskine med sortergrab. Kingo K. A/S.

8.2.2 Mandskab

Til betjening af materiellet var normalt 3 medarbejdere.

Gravemaskinfører: Udgravede og forsorterede affaldet med sortergrab. Gravemaskin- føreren anbragte herefter affaldet i sorteranlæggets fødekasse. I perioder var 2 gravemaskiner beskæftiget med at forsortere, udlægge og frilægge affald (rive/shredde plastfolie i stykker), således at sorteringsanlægget kunne belastes mere jævnt.

Læssemaskinfører: Holdt orden i de udsorterede affaldsstakke og tilbragte det meste af tiden med at overvåge selve sorteringsanlæggets soldningsfunktioner, hvor der ofte opstod blokerin-

ger. Læssede finfraktion (jord) på dumper, når der skulle køres jord til vejning og videre til mellemlager. Når der indsattes 2 gravemaskiner, skiftede læssemaskinføreren over og kørte med gravemaskinen.

Dumperfører: Dumperen blev oftest parkeret under grovfraktionens udløbsbånd ('bagbåndet'). Dumperføreren passede også i samarbejde med læssemaskineføreren fratakning og bortkørsel af forsorterede fraktioner: store brokker, stort jern, stort brændbart (tæpper, træ, stor og tung folie etc.).

8.3 Blotlægning af deponiet - afgravning af dækjord på top og skråninger

Ved blotlægningen af affaldet fandtes – som forventeligt – en noget varierende lagtykkelse af dækjorden. Når affald blev blotlagt – typisk plastfolier og blandede brokker – måtte ofte en del dækjord efterlades – jord, som senere kom til at indgå i affaldssorteringen.

Der blev afgravet ca. 2.800 ton dækjord. Det viste sig senere, at vi ikke nåede at udgrave de oprindeligt planlagte ca. 5.000 ton affald. Blotlægningen var derfor en del mere omfattende end egentlig nødvendig. Dækjorden blev efterfølgende lagt i midlertidigt deponi.

8.4 Opgravning, grovsortering og soldning af opgravede fraktioner

Opgravningen og grovsorteringen var planlagt til at skulle foretages ved brug af gravemaskine med sorter-grab. Vi havde dog udstyret vores læssemaskine med graveskovl med tænder, så den evt. kunne assistere med udgravning og flytning af affaldet – om nødvendigt også udlægning til tørring inden sortering. Under opgravningen frasorteredes (i vores terminologi udførte vi en forsortering) store beton- og teglbrokker, og desuden frasorteredes større emner af træ, samt bil- og traktordæk og andre store emner af metal, plast, m.v., inden affaldet blev lagt i sorteringsanlægget.

Det væsentligste formål med den første maskinelle sortering – grovsorteringen – var at udsortere jord fra det øvrige affald. Til denne opgave havde vi som nævnt valgt at anvende Kingos rystesorteringsanlæg, men vi påbegyndte allerede i dette stadie både en grovsortering efter størrelse af affaldets enkeltdele og en udsortering af jern og let plast. Undervejs måtte vi så vurdere, om sorteringsoperationerne måtte gentages eller kombineres med andre metoder for at nå frem til fraktioner, som var egnede til genanvendelse. Det indgik også i vores planlægning, at den udsorterede jord skulle lægges i midlertidige depoter, som gav mulighed for udtagning af jordanalyser, som kunne give grundlag for vurdering af, om jorden var ren, lettere forurenet eller stærkt forurenet.

8.4.1 Forsortering inden sorteringsanlæg

Som nævnt havde vi besluttet at sætse på udgravning af affaldet med gravemaskine med sortergrab. Herved kunne vi udsortere store emner fra affaldet: Træerødder, bildæk, tømmer, møbler, større fundamentbrokker, tæpper og store, tunge stykker folie. Vi valgte at bruge betegnelsen forsortering om denne sortering inden sorteringsanlægget.

Fremgangsmåden lykkedes nogenlunde, men metodens succes afhang meget af en kombination af 3 faktorer:

1. Gravemaskinførers erfaring og evner
2. Affaldets karakter
3. Sorteringsanlæggets egnethed til at behandle affaldet

Vi havde en del problemer med at finde en god og erfaren gravemaskinfører til opgaven, og det prægede arbejdet i den første måneds tid. Vi oplevede derfor en del problemer med maskinvarier og -stop f.eks. forårsaget af store marksten, som kom i klemme, eller store plastfolier el. lign., som hindrede et jævnt materialeflow gennem sorteringsanlægget.

Affaldet, som vi udgravede i deponiet, var skønsmæssigt 80% husholdningsaffald med en meget høj andel af jord og formludt organisk materiale. Det storskrald, som dog også fandtes, var mest præget af privat haveaffald og lidt nedbrydningsrester fra ældre fundamenter med en stor andel af natursten. Forsorteringen fik dermed ikke så meget stort materiale at plukke ud, som planlagt, men fik mere den opgave at sønderrive plastposer og plastfolier og udsortere tæppe- og tekstilrester samt at løsne affaldet op, inden det anbragtes i sorteranlægget.

Keestrack sorteringsanlæg er bygget til at sortere sten- og grusgravsmaterialer, og det arbejder også godt med knuste brokker fra byggeaffald og med jord. Soldning af affald med indhold plastfolier og tæppe- og tekstilrester og andre emner f.eks. jern fra sengebunde, havemøbler o. lign. var en krævende opgave. Udskilningen af jord forløb tilfredsstillende, men plastfolier, store sten, metalemner o.lign. medførte naturligt nok problemer for anlæggets drift.

Når gravemaskinføreren evnede at udføre en hensigtsmæssig forsortering og samtidig fik sønderdelt affaldet ved at ryste, ruske og kaste lidt rundt med det, inden det blev lagt i sorteringsanlægget, kørte anlægget bedst. En sådan nogenlunde stabil drift opnåede vi faktisk først i de sidste 5-6 arbejdsdage af de 26 arbejdsdage, som udgravning, forsortering og grovsortering varede.

8.4.2 Grovsortering i sorteringsanlæg

Det forsorterede affalds første bearbejdning i sorteringsanlægget valgte vi at kalde **grovsorteringen**.

Sorteringsanlægget består af 3 sektioner: fødekasse, vibrationskasse og 3 udløbsbånd. På udløbsbåndene var til LFM-projektet som nævnt specialmonteret en plastsuger og 2 magneter. I det følgende redegøres for anlæggets enkeltdele.

Fødekassen:

En åben kasse, hvor en skrabetransportør i bunden fører materialet skråt opad, så det kan falde ned i vibrationskassen.

Vibrationskassen:

I denne er øverst monteret et sold med en bund af kraftige, skråt nedadrettede stave, som materialet (affaldet) vibreres ned over. Stavene har mellemrum på ca. 51 mm. Under stavsoldet er placeret et 'bundsold', som muliggør udskiftning mellem forskellige bundsold.

Til grovsorteringen af affald havde vi anskaffet et pladesold med 6-kantede 40 mm huller.

Til eftersorteringen (se senere) udskiftedes bundsoldet til et pladesold med 20 mm 6-kantede huller.

Udløbsbånd for grovfraktionen = 'bagbåndet':

De store emner, som passerer ned over stavene, falder til sidst ned på det brede 'bagbånd', som fører grovsektionen ret bagud af anlægget og skråt op i højden, så en dumper kan køre ind under båndet og tage imod grovsektionen direkte.

Plastsuger:

Bagbåndet er så bredt og så langt, at det var muligt at montere først plastfoliesugeren og derefter båndmagneten hængende over båndet. Plastfoliesugeren blæste den lette plastfolie gennem et 400 mm plastrør over i en lukket container, som ved hjælp af net og riste var indrettet til at lade overskudsluften slippe ud.

Båndmagnet 1:

Umiddelbart efter plastsugeren var ophængt en båndmagnet, som skulle fjerne jern fra grovfraktionen. Da jern og blik meget ofte hænger sammen med andet affald, kunne det ikke undgås, at der blev ført en del andre materialer af båndet sammen med jernet. Jernholdige materialer blev ført ud over bagbåndets kant til siden og faldt ned i en mindre kasse, som var anbragt på jorden.

Udløbsbånd for mellemfraktionen:

Mellemfraktionen, som glider hen over bundsoldet, føres vinkelret ud fra anlægget af et transportbånd. En åben container på jorden blev anbragt på jorden til at modtage mellemfraktionen.

Båndmagnet 2:

På udløbsbåndet for mellemfraktionen ophængtes også en båndmagnet. I praksis var det vanskeligt at adskille jern fra de 2 båndmagneter, så ved vejningen er de 2 magneters 'høst' af jern angivet samlet. Mængden af jern var dog klart størst fra magneten over grovfraktionens udløbsbånd.

Udløbsbånd for finfraktionen:

Finfraktionen er det materiale, som passerer gennem bundsoldets 40 mm huller. Det består helt overvejende af jord og formludningsrester af organisk materiale. Finfraktionen føres af et udløbsbånd vinkelret ud fra sorteringsanlægget på modsat side af mellemfraktionen. Ved LFM-forsøget lod vi finfraktionen falde ned på jorden i en stak. Stakken blev så læsset med læssemaskine på dumper for at blive vejjet og kørt på mellemlager. Med henblik på dokumentation og klassifikation blev den mellemdponerede finfraktion opdelt i 120 ton stakke.

Billede 8.1 Gravemaskine og sorteranlæg. I forgrunden finfraktion = jord fra grovsorteringen.



8.4.3 Resultater af for- og grovsorteringen

Den i alt udgravede affaldsmængde på 2.049 ton er for- og grovsorteret på 195 arbejdstimer (Tabel 8.1). Det betyder en produktivitet på ca. 10,5 ton/time, - et resultat, som er væsentligt dårligere end det på forhånd forventede. Vi havde meget at lære og erfare i starten, og vores mandskab var noget præget af personudskiftninger og af manglende relevant erfaring. Til gengæld havde vi ideelle vejrforhold. Vi mener på baggrund af de høstede erfaringer, at det

burde være muligt at sortere 15-20 ton/time, men selv på de bedste dage nåede vi ved dette projekt ikke markant over de 10-12 ton/time.

Tabel 8.2 Resultater af for- og grovsortering af affaldet

Frakt.nr.		Kg	%	Kg	%
Forsortering:					
101	Stort jern	2.500	4,8	2.500	0,12
102	Store sten og brokker	8.820	16,8	8.820	0,43
103	Bil- og traktordæk	3.080	5,9	3.080	0,15
105	Stort brændbart :				
	Tung folie, tæpper, klæde, træ	37.940	72,4	37.940	1,85
111	Farligt affald B – Asbest	2	0,0	2	0,00
112	Farligt affald B - akkumulatorer	20	0,0	20	0,00
113	Farligt affald C - oliefiltre	15	0,0	15	0,00
I alt forsorteret		52.377	100,0		-
Grovsortering:					
					-
201	Finfraktion for grovsortering	1.262.600	63,2	1.262.600	61,62
206	Mellemfraktion for grovsortering	496.580	24,8	496.580	24,19
207	Jern fra grovsortering	24.060	1,2	24.060	1,17
211	Grovfraktion fra grovsortering	211.000	10,6	211.000	10,30
213	Plastfolie fra grovsortering	3.480	0,2	3.480	0,17
I alt grovsorteret		1.996.720	100,0		
I alt affald udgravet, forsorteret og grovsorteret:				2.049.097	100,00

9. Udsortering, karakterisering og afsætning af affaldsfraktioner

Den videre behandling af de grovsorterede fraktioner af affald benævnedes vi under forløbet **eftersortering**. Det var målsætningen gennem eftersorteringen at frembringe så rene affaldsfraktioner som muligt, idet vi herved forventede at nå frem til den højeste genanvendelsesværdi.

Men projektets økonomiske ramme havde betydning både for hvilke tekniske løsninger, der kunne rådes over, og hvilken varighed, der kunne blive tale om. Desuden var der også rent praktiske begrænsninger for, hvilke typer maskineri som kunne fremskaffes til projektet. Disse begrænsninger kombineret med det uventede høje indhold af husholdningsaffald og jord i affaldet medførte, at målsætningen om at nå frem til 'rene' fraktioner på væsentlige områder ikke kunne opfyldes.

Eftersortering af grovfraktionen fra grovsorteringen blev koncentreret om så vidt muligt at udsortere sten, brokker og endnu ikke udsorteret jern fra de brændbare fraktioner.

Eftersortering af mellemfraktionen blev koncentreret om at fortsætte den udsortering af jord, som var sket i grovsorteringen, men som stadig var langt fra tilfredsstillende.

Derimod vurderede vi, at finfraktionen fra grovsorteringen umiddelbart kunne karakteriseres som jord, og det væsentligste spørgsmål var derfor, om jorden var ren, let forurenet eller evt. stærkt forurenet.

Da sorteringsindsatsen som nævnt i nogle tilfælde måtte ophøre pga. maskintekniske og økonomiske begrænsninger, gennemførtes begrænsede forsøg med håndsortering af mindre mængder af en af restfraktionerne, og desuden blev der foretaget skønsmæssige vurderinger af bestanddelene i det affald, som blev samlet under betegnelsen "brændbart". Resultaterne af disse karakteriseringer kan potentielt tjene til vurdering af, om andre sorteringsmetoder – herunder f.eks. robotsortering kunne være relevant i et fremtidigt LFM-projekt.

Den endelige gengivelse af resultaterne præsenteres derfor på to måder:

Den ene oversigt viser forsøgets konkrete resultater: Hvilke affaldsfraktioner er udsorteret og fraført til genanvendelse – f.eks. jern, brændbart og brokker og sten til knusning, og hvilke fraktioner er gendeponeret – f.eks. let forurenet jord og blandede fraktioner, som ikke var egnede til genanvendelse.

Den anden oversigt viser en samlet oversigt over materialetyperne i det udgravede affald. Denne opstilling er pga. de skønsmæssige vurderinger, som den bygger på, behæftet med stor usikkerhed, men alligevel kan den være nyttig, fordi den viser affaldets omtrentlige sammensætning og dermed giver baggrund for vurdering af mulighederne for andre sorterings- og udnyttelsesmetoder end dem, som har været anvendt i dette projekt.

9.1 Eftersortering af grovfraktionen (ca. 211 ton)

Det var forventet, at grovfraktionen – i hvert fald efter 2 eller 3 gennemløb i sorteringsanlægget – ville indeholde en så stor andel af sten og brokker, at den kunne genanvendes efter knusning. Men pga. den begrænsede oprivning af tung folie, tæpperester, plastposer o. lign. ved det første gennemløb af sorteringsanlægget, indeholdt grovfraktionen fra grovsorteringen stadig en betydelig andel af stort brændbart: tung folie, træ, tæppe- og tekstilrester m.v.

Vi valgte derfor at foretage endnu en sortergrab-sortering med gravemaskinen, inden affaldet kørtes igennem sorteringsanlægget igen. For at forenkle og effektivisere eftersorteringen blev anlægget desuden stillet om: Bundsoldet skiftedes fra et 40 til et 20 mm bundsold, og mellemfraktionen blev kørt sammen med grovfraktionen, så der kun produceredes to hovedfraktioner:

- A) Finfraktion = jord med kornstørrelse max. 20 mm, og
- B) Grovfraktion, som med plastsuger og magnet renses yderligere for let plastfolie og jern.

Tabel 9.1 Eftersortering af grovfraktionen fra grovsorteringen

Frakt.nr.	Eftersortering grovfraktion:	Kg	%
For-sortering med sortergrab:			
372	Store sten og brokker	5.530	2,3
373	Stort Brændbart: Tung folie, tæpper, klæde, træ	56.300	23,7
Fraktioner fra sorteringsanlæg:			-
377	Finfraktion = jord fra sortieranlæg	53.160	22,4
378 *)	Grovfraktion fra sortieranlæg*)	119.160	50,1
379	Jern fra magnet på sortieranlæg	520	0,2
380	Plastfolie fra plastsuger	3.160	1,3
I alt eftersortering grovfraktion		237.830	100,00
*) Fraktion 378 er en blandet restfraktion indeholdende: Sten, brokker, jord, plastfolie, hård plast, træ, glas m.v. Se efterfølgende vurdering af fordelingen i materialetyper			

Vejningerne efter eftersorteringen gav samlet ca. 238 ton. Det tyder på, at der er forsvundet en vejning (eller to) i de tilkørte 211 ton. Det må her blot konstateres, at det ikke er nemt at vurdere, hvad der er årsag til afvigelsen.

Udskillelse af jord og af let plastfolie fungerede ret effektivt. Der var herefter meget lidt jord i restfraktionen, men stadig en del plastfolier. Det forsøgtes derfor at køre en del af grovfraktionen igennem 2 gange, hvilket gav en vis effekt.

Restfraktionen (nr. 378) efter eftersorteringen var som ønsket domineret af sten og brokker, men den var alligevel ikke så ren, så den kunne indgå i alm. byggeaffaldsbrokker med indhold af tegl. Andelen af marksten, som medfører særlige maskinelle krav ved knusning af brokker, var for høj, og særligt var andelen af blød og hård plast, af træ og af div. andre komponenter (f.eks. tæppe- og tekstilrester, gummistøvler m.v.) for stor. Vi stod altså her med en fraktion, som ikke var tilstrækkeligt ren til en genanvendelse, og fraktionen måtte ved afslutningen af projektet lægges tilbage i deponiet.

For alligevel at karakterisere de ca. 119 ton, som restfraktionen udgjorde, foretog vi en skønsmæssig vurdering af andelen af materialetyper. Vurderingen skete ved, at 2 personer nedskrev deres synsindtryk af materialesammensætningen angivet i vægtprocent, og derefter beregnedes gennemsnit af de 2 vurderinger. I det efterfølgende skema er denne skønsmæssige vurdering anvendt som fordelingsnøgle for de enkelte materialetyper i de 119 ton:

Tabel 9.2 Skønsmæssig vurdering af restfraktion fra eftersortering af grovfraktionen

378 Fordeling på materialetyper:	%	Kg*)
Sten og brokker	60	71.496
Jord	10	11.916
Plastfolie	4	4.766
Træ med og uden forarbejdning	15	17.874
Hård plast	4	4.766
Glas	3	3.575
Gummi	1	1.192
Metal	0	-
Tekstil	3	3.575
I alt vurdering af fraktion 378:	100,00	119.160

*) Procentfordelingen anvendes som forholdstal på total-mængden af restfraktionen

9.2 Eftersortering af mellemfraktionen (ca. 504 ton)

Mellemfraktionen indeholdt en betydelig mængde fugtig og ret leret og klæbende jord. Vi besluttede derfor først at forbedre frasorteringen af jord, samtidig med at let plast og også rester af jern kunne frasorteres. For at forbedre frasorteringen af jord gjorde vi en del ud af at få affaldet lufttørret under mellemlagringen. Ved eftersorteringen blev benyttet samme indstilling af sorteringsanlægget som ved eftersorteringen af grovfraktionen: Bundsold på 20 mm og sammenlægning af mellem- og grovfraktion til én samlet restfraktion.

Tabel 9.3 Eftersortering af mellemfraktionen fra grovsorteringen

Frakt.nr.	Eftersortering mellemfraktion:	Kg	%
Fraktioner fra sorteringsanlæg:			
361	Finfraktion = jord	128.700	25,6
364 *)	Grovfraktion fra sorteringsanlæg *)	372.520	74,00
365	Jern	1.010	0,2
366	Plastfolie fra plastsuger	1.370	0,3
I alt eftersortering mellemfraktion		503.600	100,00

*) Fraktion 364 er en blandet restfraktion indeholdende:
Sten, brokker, jord, plastfolie, hård plast, træ, glas m.v.
Se efterfølgende vurdering af fordelingen i materialetyper opgjort ved håndsortering

Restfraktionen fra mellemfraktionen udgjorde som det ses ikke mindre end 373 ton, og vi kunne se, at der stadig var et ret højt indhold af jord. Det var nærliggende at køre restfraktionen en gang mere igennem anlægget for yderligere at frasortere jord, men pga. vejret, som nu skiftede til regnfulde dage, var udsigterne til et godt resultat heraf ikke gode. Restfraktionen blev derfor gendeponeret, ligesom det var sket med restfraktionen fra eftersorteringen af grovfraktionen.

Men her besluttede vi inden gendeponeringen at udtage en så vidt mulig repræsentativ prøve af de 373 ton og håndsortere denne prøve på et sorteringsbord i en åben hal. Sorteringsarbejdet var præget af, at der stadig klæbede en hel del fugtig jord (/ler) til emnerne. Det tog ca. 7 timer for 2 personer at håndsortere 550 kg i 9 materialetyper. Alt blev vejet på en elektronisk vægt. Resultaterne er givetvis mere nøjagtige og repræsentative end den skønsmæssige vurdering, som anvendtes ovenfor. Til gengæld er der naturligvis en betydelig usikkerhed ved at anvende en analyse af kun 0,55 ton til at karakterisere 370 ton. Analysen er udført på ca. 1,5 promille af totalmængden:

Tabel 9.4 Håndsortering af ca. 550 kg restfraktion fra mellemfraktion

364	Materialetyper fra håndsortering	Kg	%	Kg*)
	Sten og brokker	260,00	47,0	175.161
	Jord	166,90	30,2	122.440
	Plastfolie	53,45	9,7	36.009
	Træ med og uden forarbejdning	31,50	5,7	21.221
	Hård plast	20,55	3,7	13.884
	Glas	6,60	1,2	4.446
	Gummi	5,15	0,9	3.470
	Metal	5,10	0,9	3.436
	Tekstil	3,7	0,7	2.493
	I alt håndsortering fraktion 364:	503,60	100,00	372.520

*) Procentfordelingen anvendes som forholdstal på totalmængden af restfraktionen

9.3 Kartering og analyser af finfraktionen (i alt ca. 1.444 ton)

Finfraktionen fra grovsorteringen, som udgjorde i alt ca. 1.263 ton, blev mellemlagret i 120 ton stække, hvorfra der løbende blev udtaget prøver til jordanalyse. Jorden indeholdt mindre fremmedlegemer (f.eks. ølkapsler, stumper af plast og lidt glasskår), men var også præget af et stort indhold af humusstoffer fra forrådnelse af organisk affald.

Fra eftersorteringen af grovfraktionen tilførtes ca. 53 ton jord og fra eftersorteringen af mellemfraktionen ca. 128 ton jord. Disse partier blev også mellemlagret og analyseret, og den samlede jordmængde var herefter 1.444 ton.

I afsnit 9.7 redegøres nøjere for resultaterne af de foretagne analyser. Der fandtes kun 30 ton, som pga. PAH-forurening måtte karakteriseres som stærkt forurenet jord, og som derfor efterfølgende blev kørt til jordrensning. De resterende 1.414 ton, som blev karakteriseret som let forurenet, blev ved afslutningen af projektet og efter godkendelse af miljøtilsynsmyndigheden gendeponeret som en del af retableringen af det opgravede område.

9.4 Eftersorteringens resultater

Vi har valgt først (i afsnit 9.5) at sammenfatte, hvilke fraktioner som i det her gennemførte forsøg blev fraført deponiet som genanvendelige – eller alternativt fraført som miljøfarlige eller stærkt forurenede. Men da det også var klart, at det aktuelt anvendte sorteringsudstyr ikke gav mulighed for at sortere til et optimalt niveau, har vi valgt også (i afsnit 9.6) at opstille en beregnet oversigt over det deponerede affalds enkelte materialetyper. Dette var muligt dels ud fra vores resultat af håndsorteringen af restfraktionen fra mellemfraktionen og dels ud fra de skønsmæssige vurderinger, som vi udførte på andre fraktioner og restfraktioner.

9.5 Oversigt 1: Fraktioner, som blev fraført i det aktuelle projekt

De konkrete resultater af det gennemførte projekt sammenstilles her med en opstilling af, hvilke fraktioner som blev fraført deponiet, og hvilke der blev gendeponeret:

Ca. 30 ton af den frasorterede jord blev klassificeret som stærkt forurenet jord, idet den havde et PAH-indhold, som lå over afskæringskriteriet. Denne jord måtte køres til jordrensning.

En meget begrænset mængde farligt affald blev fundet: 3 akkumulatorer, nogle mindre stumper af asbestholdige tagplader og et antal brugte oliefiltre. Den samlede vægt var 37 kg. Disse emner blev overladt til Renosyds etablerede system for farligt affald.

Jern fra forsorteringen og fra magnetbåndene i de forskellige stadier af affaldssorteringen blev vejret og kørt til Renosyds opsamlingsplads for jernskrot.

Som led i forsorteringen blev også frasorteret en del bil- og traktordæk. Renosyd har den erfaring, at gamle dæk ikke modtages af genbrugsvirksomhederne, så dækfraktionen blev her også sendt til forbrænding hos Renosyd.

I løbet af forsøget blev et antal containere fyldt med stort brændbart materiale. Dette materiale var som nævnt meget blandet, det var ret fugtigt, og det indeholdt også skønsmæssigt 10-20 % jord. Men materialet blev indblandet i Renosyds brændbare storskrald og blev efterhånden brændt i Renosyds forbrændingsanlæg i Skanderborg.

Lett plastfolie er naturligvis også brændbart, men da Renosyd havde planer om et forsøg med genbrug af plastfolier, blev indholdet af de lukkede containere fra plastsugeren sendt til balletering hos Renosyd.

I den efterfølgende tabel er vist dels de her nævnte fraktioner, som blev fraført, og dels de resterende fraktioner, som alle blev gendeponeret og efterfølgende dækket med ren jord suppleret med kompostjord efter aftale med miljøtilsynet.

Af de fraførte fraktioner udgør stærkt forurenet jord og farligt affald tilsammen 30.037 kg. Jern til smeltning, brændbare fraktioner inkl. dæk og lett plastfolie samt sten og brokker til knusning udgør i alt 147.770 kg. Disse 147.770 kg udgør 7,1% af de i alt håndterede 2.083.947 kg affald.

Tabel 9.10 Oversigt over fraførte og gendeponerede mængder i forsøget

Frakt.nr.		kg	kg	kg
FRAFØRTE AFFALDSFRAKTIONER:				
Forurennet jord kørt til behandling:				
201	Stærk forurennet jord kørt til jordrensning	30.000		
	Forurennet jord i alt fraført til jordrensning		30.000	
Farligt affald kørt til godkendt modtager:				
111+112+113	Asbest, akkumulatorer og oliefiltre	37		
	Farligt affald i alt fraført til godkendt modtager		37	
Jern = skrotjern solgt til genanvendelse				
101	Stort jern fra forsortering v udgravning	2.500		
207	Jern fra magneter v. grovsortering	24.060		
379	Jern fra magneter v. eftersortering mellemfraktion	1.010		
365	Jern fra magneter v. grovsortering mellemfraktion	520		
	Jern i alt fraført som skrotjern		28.090	
Bygningsaffald = marksten og betonbrokker:				
102	Store sten og brokker fra forsortering	8.820		
372	Store sten og brokker fra eftersortering grovfraktion	5.530		
	Sten + brokker fraført til knusning og salg		14.350	
Brændbart = div. Brændbare fraktioner				
103	Bil og traktordæk fra forsortering ved udgravning	3.080		
105	Stort brændbart fra forsortering ved udgravning	37.940		
373	Stort brændbart fra eftersortering grovfraktion	56.300		
213	Plastfolie fra grovsortering	3.480		
366	Plastfolie fra suger eftersortering mellemfraktion	1.370		
380	Plastfolie fra suger eftersortering grovfraktion	3.160		
	Brændbart fraført til forbrændingsanlæg		105.330	
	FRAFØRT I ALT: Jord, jern, brændbart, sten + brokker			177.807
GENDEPONEREDE AFFALDSFRAKTIONER:				
Finfraktioner = jord				
201	Finfraktion fra grovsortering	1.262.600		
201	Stærkt forurennet jord ikke gendeponeret	-30.000		
361	Finfraktion fra eftersortering mellemfraktion	128.700		
377	Finfraktion fra eftersortering grovfraktion	53.160		
	Finfraktioner = jord i alt udsorteret		1.414.460	
Grovfraktioner fra eftersortering = blandet affald: jordrest, sten, træ, plast, glas, mv.:				
364	Grovfraktion fra eftersortering mellemfraktion	372.520		
378	Grovfraktion fra eftersortering grovfraktion	119.160		
	Grovfraktioner = bl. affald i alt (gendeponeres)		491.680	
	GENDEPONERET I ALT: jord + div. bl. affald:			1.906.140
	AFFALDSMÆNGDE I ALT:			2.083.947
Note: Samlet mængde ca. 34 ton (1,7%) højere end 1' ste vejning – enten pga. vejefejl eller pga. af vandoptagelse ved regnvejr under mellemoplagring.				

9.6 Oversigt 2: Materialetyper i det deponerede affald

Håndsorteringen af restfraktionen 364 fra eftersorteringen af mellemfraktionen gav som nævnt en ganske konkret indsigt i, hvilke materialetyper den indeholdt.

Det var ikke muligt at håndsortere de andre blandingsfraktioner på tilsvarende måde, men der var undervejs sket både en fotografering og en skønsmæssig vurdering af vægtfordelingen på flere containere med "105 Stort brændbart" fra forsorteringen, og "373 Stort brændbart" fra eftersorteringen af grovfraktionen. Der var her foretaget en vurdering baseret på et 'bedste skøn' i runde procenttal. Det må understreges, at der ikke har været tale om vurdering af hver enkelt, vejjet container, men der er dog foretaget besigtigelser og bedømmelser af 2 personer på 2 af de 4 containere, som blev åbnet og læsset af på Renosyds plads for stort brændbart affald i Skårup.

En tilsvarende vurdering af vægtfordelingen blev også foretaget på restfraktionen 378 fra eftersorteringen af grovfraktionen, og det var herefter muligt at sammenstille resultaterne.

Vurderingen af disse fraktioner, som tilsammen udgør 94,2 ton, ser ud som følger:

Tabel 9.11 Skønsmæssig vurdering af tung folie, tæpper, træ og andet brændbart

105 & 103	Tung folie, tæpper, træ og andet brændbart	%	Kg*)
	Sten og brokker	5	4.712
	Jord	10	9.424
	Plastfolie	25	23.560
	Træ med og uden forarbejdning	15	14.136
	Hård plast	5	4.712
	Glas	-	-
	Gummi	-	-
	Metal	-	-
	Tekstil	40	37.696
	I alt vurdering af fraktion 105 og 103:	100,00	94.240

*) Procentfordelingen anvendes som forholdstal på totalmængden af restfraktionen

Det er nu muligt at opsummere resultaterne til en samlet oversigt over det deponerede affalds enkeltkomponenter efter den noget simple opdeling, som vi har valgt. Regnearket, som viser, hvordan den endelige opdeling er fremkommet, kan ses herunder i tabel 9.12.

Tabel 9.12 Samlet fordeling i materialetyper beregnet efter skønsmæssige vurderinger:

- Fordeling A: Stort brændbart bibeholdt som materialetype.
- Fordeling B: Stort brændbart fordelt ud fra skøn af andele af materialetyper.

Affaldskomponent	Samlet fordeling A		Samlet fordeling B	
	I alt ton	%	I alt ton	%
Jord	1.568	75,2	1.578	75,7
Sten og brokker	261	12,5	266	12,8
Stort brændbart	94	4,5		0,0
Plastfolie	49	2,4	72	3,5
Træ	39	1,9	53	2,5
Tekstil, tæpper, tæpperester	6	0,3	44	2,1

Jern	32	1,5	32	1,5
Hård plast	19	0,9	23	1,1
Glas	8	0,4	8	0,4
Gummi (dæk og småt gummi)	8	0,4	8	0,4
	2.084	100,0	2.084	100,0

Der er en betydelig usikkerhed på de her viste tal, men de giver alligevel en kvalificeret vurdering af sammensætningen af det ikke formuldede affald, som ligger i Skårup Deponis etape 1. Det er bemærkelsesværdigt, at jord inkl. formuldningsrester udgør over 75%, og at sten og brokker udgør 12-13%. Kun de resterende 12-13% er andre materialetyper, og af disse er ca. de 10% brændbare og kun 2% jern og glas.

En detaljeret opstilling, som viser, hvordan beregningen af affaldets sammensætning i materialetyper er fremkommet, er vist i [Bilag 11](#).

Som [Bilag 12](#) er vedlagt nogle sider med fotos fra projektføreløbet. I [Bilag 13](#) er vist fotos af en række af de nummererede affaldsfraktioner, og i [Bilag 14](#) er vist fotos fra håndsorteringen og de enkelte fraktioner herfra.

9.7 Kartering af de udsorterede jordfraktioner

Som en del af LFM-projektet på Affaldscenter Skårup blev der udført en kartering af den jord, som blev udskilt som finfraktion (< 40mm) ved grovsorteringen af affaldet i Keestrack sorteringsanlægget. Formålet med karteringen var at skaffe viden om finfraktionens eventuelle grad af forurening og dermed mulighederne for genanvendelse eller gendeposering.

Finfraktionen blev løbende opdelt i miler af ca. 120 ton, og blev analyseret for indhold af tungmetaller, oliestoffer og PAH'er. De prøver, der ikke var kraftigt forurenet med PAH'er, blev herudover florisiloprenset for analyseteknisk at skille det naturlige kulbrinteindhold og humus fra de øvrige kulbrinter. Analysearbejdet blev foretaget af Eurofins Miljø A/S, der er et akkrediteret laboratorium. Prøverne, der er udtaget løbende under afgravningen af deponiet, blev taget i tidsrummet 19-08-2016 til 04-10-2016. Analyseresultaterne er angivet i tabel 9.5 – 9.8.

En jordprøve, bestående af 10 stik i dybden 0-1,5 m, er udtaget af hver af 120 ton milerne. Prøverne blev navngivet efter nummeret på den mile, som de er taget fra – P1 er taget fra mile 1 osv.

Jorden fra mile 3 blev analyseret to gange - først som en mile af 120 ton (P3) og herefter som fire miler bestående af hver ca. 30 ton (P3a, P3b, P3c, P3d).

Jorden fra mile 11 og 12 stammer ikke fra grovsorteringen, men fra eftersorteringen af hhv. grovfraktionen og mellemfraktionen, hvor de to affaldsfraktioner blev kørt igennem sorteringsanlægget anden gang efter mellemlagring og naturlig tørring. Ved første sortering – grovsorteringen – var en vis mængde jord ikke blevet udskilt som finfraktion pga. fugt og klumpdannelse, men var endt som en del af de to grovere fraktioner. Inden eftersorteringen lå mellem- og grovfraktionen til tørre udenfor i nogle dage. Sortererens bundsold blev desuden skiftet fra et 40 mm sold til 20 mm sold.

Finfraktionen fra eftersortering af mellemfraktionen bestod af 128,7 ton og blev placeret i mile 11. Finfraktionen fra gensortering af grovfraktionen bestod af 53,16 ton og blev placeret i mile 12.

Jordprøve P0 blev taget af en mindre mængde sort jord fra sorterens finfraktionsbunke i forbindelse med afgravning på deponiets sydside. Jorden skilte sig visuelt fra den omkringliggende

de jord pga. dens mørke farve og kunne derfor potentielt være forurenet. Jorden fra P0 blev efter prøvetagningen en del af mile 2.

KP101 er taget af jord fra deponiets spids i et lokalt område, der var meget mørkt, fedt og havde en svag lugt af kulbrinter. Inden prøven blev taget, var en mængde af denne jord allerede kørt igennem sortereren og placeret i mile 5.

Tabel 9.5 Analyseresultater, oliestoffer i jord (Reflab 1)

Prøve	Dybde	C ₆ -C ₁₀	C ₁₀ -C ₁₅	C ₁₅ -C ₂₀	C ₂₀ -C ₃₅	C ₆ -C ₃₅	Kulbrintetype
Enhed	m u.t.	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
P1	0-1,5	<2	8,8	20	140	170	*
P2	0-1,5	<2	17	39	270	320	**
P3	0-1,5	<4	40	81	480	600	***
P3a	0-1,5	4,6	25	73	470	570	*
P3b	0-1,5	3,6	25	57	460	540	*
P3c	0-1,5	6,5	35	98	610	750	***
P3d	0-1,5	5,8	32	80	720	840	***
P4	0-1,5	2,3	14	40	520	580	*
P5	0-1,5	6,2	35	69	540	650	*
P6	0-1,5	2,7	9,9	32	210	250	*
P7	0-1,5	<2	7,0	27	130	170	*
P8	0-1,5	<2	12	56	580	650	***
P9	0-1,5	<2	13	28	170	210	*
P10	0-1,5	<2	15	41	270	330	***
P11	0-1,5	<2	6,0	21	210	230	***
P12	0-1,5	<2	5,3	36	440	480	*
P0	0-0,5	3,1	17	44	220	290	*
KP101	0-1,5	13	33	110	790	950	*, ****
Jordkvalitetskriterier ¹		25	40	55	100	100	-
Afskæringskriterier ¹		-	-	-	300	-	-

Signaturforklaring:

i.p. Ikke påvist

* Kromatogrammet viser indhold af komponenter med et kogepunktsinterval som terpentin/petroleum eller lignende samt et uidentificeret olieprodukt med et kogepunktsinterval mellem 270°C til 490°C.

** Kromatogrammet viser indhold af komponenter med et kogepunktsinterval som terpentin/petroleum eller lignende samt af komponenter med et kogepunktsinterval som motor-/smøreolie eller lign.

*** Kromatogrammet viser indhold af uidentificeret olieprodukt med et kogepunktsinterval mellem 170°C til 490°C.

**** Kromatogrammet viser indhold af letflygtige C-5 forbindelser, som formentlig har naturlig oprindelse.

Fed Overskridelse af jordkvalitetskriteriet

Fed Overskridelse af afskæringskriteriet

De prøver, der ikke var kraftigt forurenet med PAH'er, blev sendt til florisiloprensning. Dette betyder, at P3 og P3d ikke er analyseret efter florisiloprensning (herom senere).

Da jorden fra P0 og KP101 var blandet op i hhv. mile 2 og mile 5, bliver P0 og KP101 ikke analyseret efter florisiloprensning.

Tabel 9.6 Analyseresultater, oliestoffer i jord (Reflab 1) – Florisiloprensning

Prøve	Dybde	C ₆ -C ₁₀	C ₁₀ -C ₁₅	C ₁₅ -C ₂₀	C ₂₀ -C ₃₅	C ₆ -C ₃₅	Kulbrintetype
Enhed	m u.t.	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
P1	0-1,5	<2	6,6	10	76	93	*
P2	0-1,5	<2	13	17	150	180	**
P3	0-1,5	-	-	-	-	-	-
P3a	0-1,5	<2	22	40	240	300	*
P3b	0-1,5	<2	19	37	270	330	*
P3c	0-1,5	<2	28	46	290	370	***
P3d	0-1,5	-	-	-	-	-	-
P4	0-1,5	<2	9,6	20	240	270	*
P5	0-1,5	<2	22	34	260	320	*
P6	0-1,5	<2	9,3	20	110	140	*
P7	0-1,5	<2	7,0	16	71	94	*
P8	0-1,5	<2	7,6	37	380	420	***
P9	0-1,5	<2	10	18	140	170	*
P10	0-1,5	<2	9,7	25	170	200	***
P11	0-1,5	<2	5,8	13	110	130	***
P12	0-1,5	<2	5,3	30	320	350	*
Jordkvalitetskriterier ¹		25	40	55	100	100	-
Afskæringskriterier ¹		-	-	-	300	-	-
Signaturforklaring:							
i.p.	Ikke påvist						
Xylener	Sum af Ethylbenzen samt o-, m- og p-xylen						
¹							
*	Kriterier i relation til forurennet jord						
	Kromatogrammet viser indhold af komponenter med et kogepunktsinterval som terpentin/petroleum eller lignende samt et uidentificeret olieprodukt med et kogepunktsinterval mellem 270°C til 490°C.						
**	Kromatogrammet viser indhold af komponenter med et kogepunktsinterval som terpentin/petroleum eller lignende samt af komponenter med et kogepunktsinterval som motor-/smøreolie eller lign.						
***	Kromatogrammet viser indhold af uidentificeret olieprodukt med et kogepunktsinterval mellem 170°C til 490°C.						
Fed	Overskridelse af jordkvalitetskriteriet						
Fed	Overskridelse af afskæringskriteriet						

Højeste kulbrinteindhold efter florisiloprensning af prøverne er konstateret i P8, hvor der ses et indhold af totalkulbrinter på 420 mg/kg TS og et indhold af den tunge fraktion, C₂₀-C₃₅, på 380 mg/kg TS. Indholdet af totalkulbrinter og C₂₀-C₃₅ overskrider 300 mg/kg TS med hhv. 40 % og ca. 27 %.

Gennemsnittet af totalkulbrinter og C₂₀-C₃₅ i de 14 prøver er hhv. ca. 240 og 202 mg/kg TS, hvilket ikke overskrider 300 mg/kg TS, som er grænsen for lettere forurennet jord.

Tabel 9.7 Analyseresultater, tungmetaller i jord (ICP)

Prøve	Dybde	Bly	Chrom	Kobber	Nikkel	Zink	Cadmium
Enhed	m u.t.	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
P1	0-1,5	21	11	39	11	110	0,43
P2	0-1,5	29	14	22	12	130	1,0

P3	0-1,5	36	17	31	13	190	0,52
P3a	0-1,5	41	21	32	17	260	0,70
P3b	0-1,5	41	16	25	17	230	0,51
P3c	0-1,5	32	16	31	13	180	0,49
P3d	0-1,5	33	18	23	13	280	0,51
P4	0-1,5	26	14	71	12	160	0,42
P5	0-1,5	120	18	29	23	140	0,48
P6	0-1,5	18	11	15	9,2	95	0,33
P7	0-1,5	27	17	34	13	120	0,45
P8	0-1,5	26	15	36	12	180	0,52
P9	0-1,5	66	15	26	13	170	0,55
P10	0-1,5	30	20	36	16	160	0,46
P11	0-1,5	49	23	150	17	300	0,65
P12	0-1,5	150	23	68	15	250	0,63
P0	0-0,5	63	12	45	11	160	0,39
KP101	0-1,5	25	20	39	18	260	0,51
Jordkvalitetskriterier ¹		40	500	500	30	500	0,5
Afskæringskriterier ¹		400	1000	1000	30	1000	5
Signaturforklaring:							
i.p.	Ikke påvist						
¹	Kriterier i relation til forurennet jord /1/						
Fed	Overskridelse af jordkvalitetskriteriet						
Fed	Overskridelse af afskæringskriteriet						

Som det fremgår af tabel 9.7, er der konstateret indhold af bly i prøverne P3a, P3b, P5, P11, P12 og P0 i intervallet 41-150 mg/kg TS. Indholdet i disse 6 prøver svarer til lettere forurennet jord.

Som det fremgår, er der endvidere konstateret indhold af cadmium i prøverne P2, P3a, P9, P11 og P12 i intervallet 0,55-1,0 mg/kg TS. Indholdet i disse 5 prøver svarer ligeledes til lettere forurennet jord.

Tabel 9.8. Analyseresultater, PAH-forbindelser i jord (Reflab 4)

Prøve	Dybde	Benz(a)pyren	Dibenz(a,h)anthracen	Sum PAH ²
Enhed	m u.t.	mg/kg	mg/kg	mg/kg
P1	0-1,5	0,48	0,063	3,2
P2	0-1,5	0,73	0,059	4,9
P3	0-1,5	8,3	0,98	66
P3a	0-1,5	0,85	0,11	5,8
P3b	0-1,5	0,5	0,078	4,7
P3c	0-1,5	0,48	0,078	4,6
P3d	0-1,5	7,5	0,67	58
P4	0-1,5	0,47	0,048	2,9
P5	0-1,5	1,6	0,21	9,4
P6	0-1,5	0,65	0,074	5,6
P7	0-1,5	0,12	0,016	0,79
P8	0-1,5	0,77	0,087	5,1
P9	0-1,5	0,37	0,031	2,4
P10	0-1,5	0,74	0,065	4,9
P11	0-1,5	1,8	0,26	13
P12	0-1,5	0,72	0,10	4,9

P0	0-0,5	1,0	0,092	6,3
KP101	0-1,5	0,78	0,067	5,3
Jordkvalitetskriterier ¹		0,3	0,3	4
Afskæringskriterier ¹		3	3	40
Signaturforklaring:				
i.p.	Ikke påvist			
¹	Kriterier i relation til forurennet jord /1/			
²	Sum af 5 specifikke forbindelser jvf.. Miljøstyrelsen			
Fed	Overskridelse af jordkvalitetskriteriet			
Fed	Overskridelse af afskæringskriteriet			

Som det fremgår af tabel 9.8, viser prøve P3 et indhold af Benz(a)pyren og total-PAH på hhv. 8,3 og 66, hvilket i begge tilfælde er over afskæringskriterierne. Mile 3, som P3 repræsenterer, blev derfor opdelt i 4 miler af hver ca. 30 ton. Hvorefter der blev udtaget 4 nye prøver, P3a, P3b, P3c og P3d. Som det fremgår af tabel 4, var det "kun" P3d, der viste kraftig forurening med benz(a)pyren og total-PAH'er.

Alle øvrige prøver, undtagen P7, viser indhold af tjærestoffer, svarende til lettere forurennet jord. Indholdet af PAH'er i P7 overskrider ikke jordkvalitetskriterierne for ren jord.

9.8 Jordmængder beregnet

Deponiets overflade blev udmålt med GPS flere gange under projektførelsen, bl.a. før afgravning, efter afgravning af topjord og efter afgravning af affald. En illustrativ fremlæggelse af GPS dataene fra disse tre lag er vist i Q-GIS i [Bilag 9](#).

I [Bilag 10](#) ses en illustrativ fremlæggelse af højdeforskellen mellem to lag; hhv. før og efter afgravning af topjord samt højdeforskellen mellem; før og efter afgravning af affald. Højdeforskellen mellem de to lag kan bruges til volumenberegning af det fjernede volumen af hhv. topjord og affald.

Tabel 9.9 Volumenberegning

	Beregnet volumen	Vurderet densitet	Beregnet masse
Topjord	2.100 m ³	1,5-1,8 ton/m ³	3.150-3.780 ton
Affald	900 m ³	1,7-1,8 ton/m ³	1.530-1.620 ton

I volumenberegningerne skal der tages forbehold for den relativt store usikkerhed, der er forbundet med beregningen, da der i den horisontale dimension er interpoleret mellem GPS målingerne.

Deponiets overflade havde efter afgravning en ujævn overflade, hvilket medfører større usikkerheder i beregningerne. Specielt var der meget stejle affaldsfronter, der med fordel kunne være indmålt med drone i stedet for stationær GPS.

9.9 Gendeposering og midlertidig slutafdækning

Der blev fraserteret og afvejet i alt 1.444 ton jord, bestående af finfraktioner fra både grov- og eftersorteringen.

Prøveenhed P3d på i alt ca. 30 ton måtte kategoriseres som kraftigt forurennet (uden for kategori) på grund af det høje indhold af PAH'er, og dette jordparti blev bortkørt til Kingo Karlsen A/S, Silkeborg, som er godkendt jordmodtager.

Ved sorteringen opstod en affaldsfraktion på i alt 493 ton (se tabel 9.5) bestående af sten, træ, plast, tekstil mv., som ikke kunne erklæres forbrændingseget. Efter aftale med tilsynsmyndigheden blev denne fraktion gendeposeret i bunden af udgravningen i etape 1.

Den let forurenede jord på 1.414 ton er genanvendt i etape 1 til afdækning af det blotlagte affald, der ikke er berørt af projektet. Jordmængden er i øvrigt, sammen med den ikke forbrændingsegnete fraktion, medvirkende til udjævning af det berørte areal.

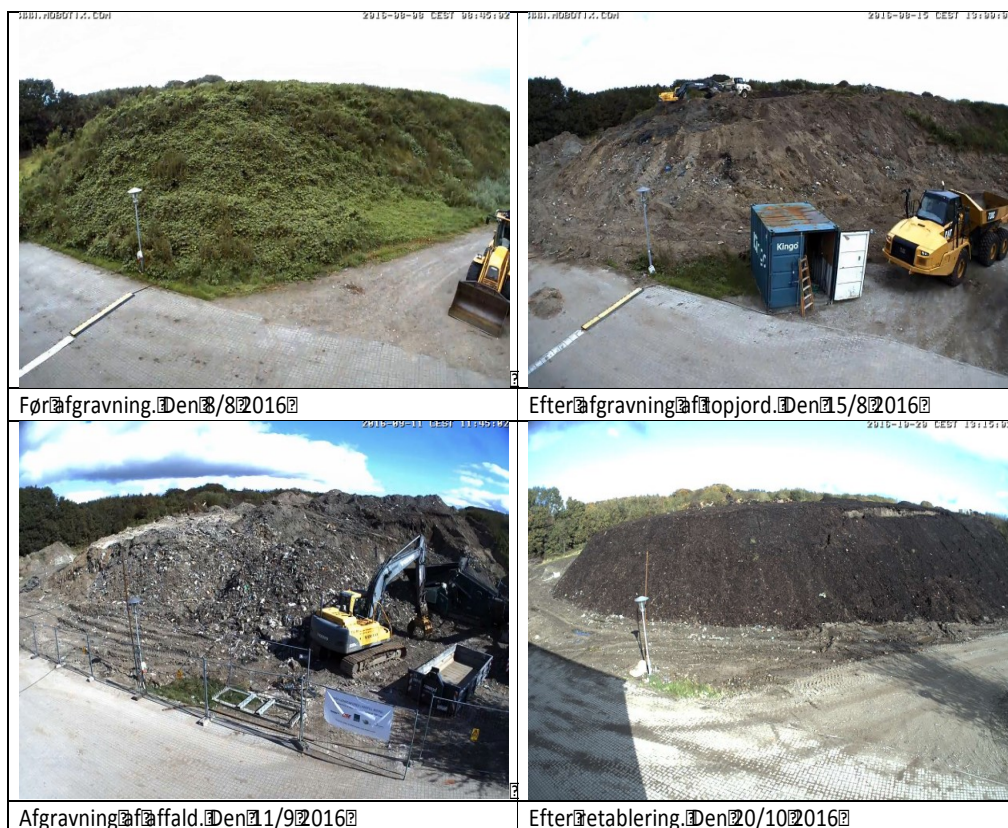
Den afrømmede topjord (med brokker) blev genanvendt til midlertidig slutfaldækning på den del af toppen, der ligger nærmest eksisterende komposteringsanlæg, og vil i fremtiden kunne anvendes til mulig intern kørevej. Der er påført ca. 0,8-0,9 meter fyldhøjde. I alt ca. 800 ton jord med et mindre indhold af brokker er genanvendt i dette område.

De resterende ca. 2.000-2.500 ton afrømmet topjord er genanvendt til midlertidig slutfaldækning af siderne. Der er påført ca. 0,8 meter fyldhøjde på siderne (skrænterne) og 0,3-0,5 meter fyldhøjde på toppen. Der er påført supplerende kompostjord på skrænterne og toppen, således at den samlede fyldhøjde af den midlertidige slutfaldækning er minimum 1,0 meter.

Det berørte areal anses dermed for midlertidigt slutfaldækket i henhold til vilkår B14 i tillæg til miljøtilladelse af 23/5 2016.

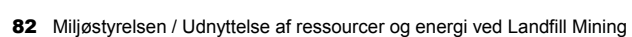
Den endelige slutfaldækning udføres tidligst efter 2020 og udføres i henhold til gældende revideringsafgørelse af 23. december 2009.

Billede 9.1 Før afgravning og efter retablering

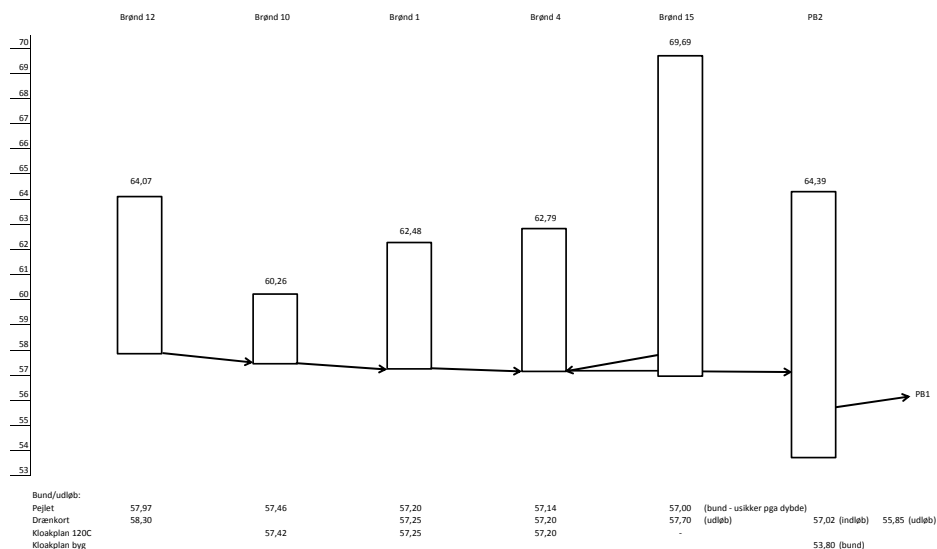


I forbindelse med miljøgodkendelse til landfill mining blev det fremført, at gendeposering først kunne ske, når det er dokumenteret, at drænsystemet på Etape 1 fungerer efter hensigten.

Figur 9.1 Perkolatets afdræning fra graveområdet på Etape 1.

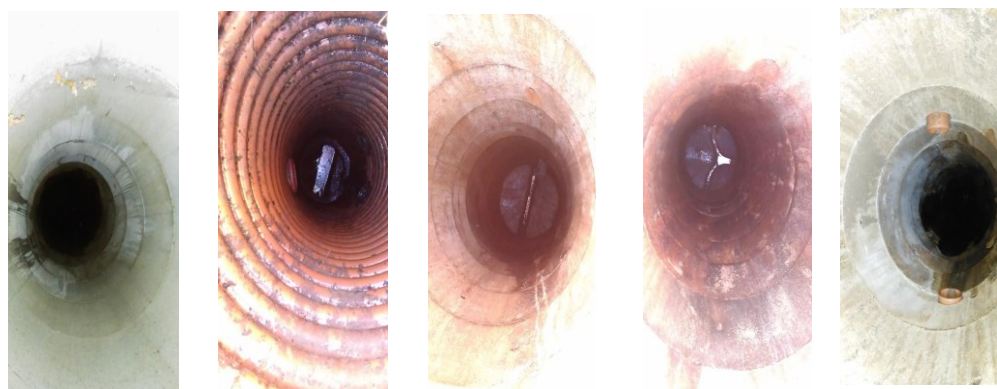


Figur 9.2 viser et snit gennem brønde og dræn. Overkanten af brøndene er indmålt med GPS, og derefter er brønddybden pejlet, hvor det var muligt og pejlingerne blev sammenholdt med eksisterende drænkort.



Resultaterne viser god overensstemmelse og understøtter den strømretning, der blev påvist jf. afsnit 7.

Figur 9.3 Rene og vandførende brønde



Brønd 12

Brønd 10

Brønd 1

Brønd 4

Brønd 15



Den 23.09.2016 udførte entreprenør Holst Kloakservice A/S inspektion og rensning af drænsystemet. Der blev opsamlet diverse fremmedlegemer og brokker fra påkørte og ødelagte brøndringe, som var faldet ned i brøndene. Efter at alle brønde var rensset, blev der udført

spuling og kontrol af gennemløb. Ved spuling med vand fra eksempelvis brønd 12 og 15 kunne det ses, at vandet løb frit nedstrøms i systemet efter hensigten.

Inden gendeponering af affaldet blev der gravet ned til lermembranen på det areal, som er angivet med en rød firkant på figur 9.1. Det naturlige lerlag viste sig tydeligt ved gravningen, og dagen efter kunne det ses (billede 9.2), at der var samlet ca. 10-15 cm perkolat oven på membranen. Ved miljøtilsynets besøg den 29.09.2016 besigtigedes udgravningen til lermembranen også, og derefter blev hullet fyldt – først med lidt opgravet ler og derefter affald.

Billede 9.2 Brønde og drænsystem: Gravet hul til intakt lermembran:



Med udgangspunkt i ovenstående mener vi at have dokumenteret, at der sker en effektiv afdræning af perkolat, og at lermembran, dræn og brønde virker efter hensigten.

10. Evaluering og anbefalinger

Det overordnede formål med projektet har fra starten været at undersøge de tekniske, økonomiske og miljømæssige fordele ved at gennemføre testopgravninger og sortering af tidligere deponeret affald fra Affaldscenter Skårup.

Desuden har det været hensigten at udvikle og implementere et anvendelsesorienteret værktøj til planlægning, udvælgelse og gennemførelse af fremtidige LFM-projekter på forskellige typer deponier og lossepladser i ind- og udland.

Det er vigtigt at pointere, at der primært har været tale om et demonstrationsprojekt, hvor der er testet forskellige LFM-teknikker. Der er således lagt vægt på den praktiske gennemførelse og en række praktiske forhold, som tilsammen er afgørende for mulighederne for og resultaterne af LFM.

I det følgende er der en evaluering af projektet som helhed - herunder vore erfaringer med, hvad der gik godt, og hvad der kunne gøres bedre og anderledes, hvis vi skulle starte forfra med den viden og erfaring, vi har i dag.

10.1 Projektering og planlægning

Miljøgodkendelse og myndighedskontakt, myndighedsomkostninger

Straks ved projektstarten den 1. december 2015 nedsatte projektledelsen en styregruppe med deltagelse af alle projektpartnerne, og umiddelbart herefter besluttede styregruppen, at der hurtigst muligt skulle udarbejdes og indsendes ansøgning om miljøgodkendelse til gennemførelse af projektet. Godkendelsesforløbet er kort beskrevet i det følgende; men generelt forløb det relativt hurtigt med løbende kommunikation mellem projektledelsen og godkendelsesmyndigheden:

- Med deltagelse af alle projektpartnerne blev der udarbejdet en grundig gennemarbejdet ansøgning, og den 14. december 2015 blev der på vegne af Renosyd indsendt ansøgning om miljøgodkendelse til Skanderborg Kommune. Umiddelbart herefter vurderede Kommunen i samråd med Miljøstyrelsen, at Miljøstyrelsen skulle være myndighed på miljøgodkendelsen, og ansøgningen blev den 16. december 2015 overdraget til Miljøstyrelsen med anmodning om at behandle sagen.
- Den 11. februar 2016 blev der fra Miljøstyrelsen fremsendt en anmodning om en række supplerende oplysninger til ansøgningen, og disse supplerende oplysninger blev indarbejdet i en revideret ansøgning, som blev fremsendt indsendt til Miljøstyrelsen den 24. februar 2016.
- Den 2. marts 2016 blev der på Skårup Deponi afholdt møde med Miljøstyrelsen. På baggrund af mødet blev der foretaget mindre præciseringer i ansøgningen, som blev fremsendt i en revideret udgave den 8. marts 2016.
- Den 31. marts 2016 blev Skanderborg Kommunes kommentarer til ansøgningen modtaget.
- Den 13. april 2016 modtog projektledelsen afgørelse om, at der ikke var pligt til VVM-screening af projektet.
- Udkast til Miljøgodkendelse af projektet blev fremsendt fra Miljøstyrelsen den 3. maj, og den 23. maj 2016 meddelte Miljøstyrelsen miljøgodkendelse af projektet.

I fremtidige LFM-sager forventes der en sagsbehandlingstid fra godkendelsesmyndigheden på 3-6 måneder, fra sagen er fuldt belyst. Sagsbehandlingstiden er bl.a. afhængig af sagens kompleksitet.

Det anbefales, at der tidligt i forløbet afholdes møde med godkendelsesmyndigheden, hvor forventninger afstemmes, og hvor det om muligt fastlægges, hvilke listepunkter der ansøges om.

På baggrund af erfaringerne fra udarbejdelsen af ansøgningen og fra hele myndighedsbehandlingen af miljøgodkendelsen anbefales det, at godkendelsesmyndigheden i en række tilfælde tager hensyn til karakteren og sigtet med et LFM-projekt, da der er tale om en tidsbegrænset aktivitet, hvis sigte er genvinding af affald. Disse hensyn bør ligge til grund for fastlæggelsen af vilkårene i miljøgodkendelsen.

- Placeringen af selve sorteringen vil oftest udløse et standardvilkår om, at sorteringen foregår på en tæt belægning med opsamling af overfladevand eller over en membran, hvis en sådan forefindes på pladsen. Dette vil i mange tilfælde være en økonomisk stor udgift, ved eksempelvis opgravning af en ukontrolleret losseplads. På baggrund af projektets erfaringer anbefales det, at vilkårene herfor lempes, da det er en midlertidig aktivitet uden væsentlig risiko for nedsivning af forurennet vand. Ydermere vil sorteringen ofte kunne foregå direkte ude i containere, dumpere med lad eller på eksempelvis udlagte køreplader. Godkendelsen kunne i disse tilfælde følges op af et vilkår om udtagning af dokumentationsprøver under sorteringspladsen efter projektets ophør.
- I forbindelse med opgravningen og sorteringen af affaldet vil der desuden være midlertidigt behov for at oplagre forskellige affaldsfraktioner, hvis karakter kan være meget forskellige. I de fleste tilfælde vil det være således, at det opgravede affald vil indeholde affald af en type, der ikke vil være tilladelse til at deponere på det pågældende deponi – eksempelvis farligt affald som asbest. Der bør i miljøgodkendelsen gives mulighed for, at der midlertidigt kan "deponeres"/oplagres alle typer af affaldsfraktioner i umiddelbar tilknytning til det opgravede deponi. Herved minimeres transporten af forskellige affaldsfraktioner, logistikken forbedres, og samtidig kan den samlede LFM-tid reduceres. En eventuel øget risiko for udvaskning af forskellige stoffer fra det sorterede affald vurderes at være ubetydelig, da den midlertidige deponerings- /oplagringstid er meget kort.
- Det kan forudses, at der i en lang række tilfælde med LFM vil være behov for at gen-deponere de dele af affaldet, som ikke kan genanvendes. Da denne restfraktion for en stor dels vedkommende er inert og kun i meget begrænset omfang vil kunne udgøre en miljørisiko, anbefales det, at der generelt fastlægges mere lempelige vilkår for gen-deponering af en sådan restfraktion. Under alle omstændigheder vil der være tale om en reduktion af den deponerede affaldsmængde, og eventuel risikoaffald vil være fjernet fra restfraktionen.
- Som det fremgår af afsnit 6.2 om afgiftsmæssige forhold, har disse stor betydning for de økonomiske muligheder for at kunne gennemføre et LFM-projekt. Som det bl.a. fremgår af svaret fra Skat, er eksempelvis affaldsafgiften, kulafgiften og energiafgiften relativt komplekst opbygget, og det vil med den nuværende lovgivning være vanskeligt i hvert enkelt LFM-tilfælde at fastlægge afgifternes indflydelse. Uden at fremkomme med nemme løsninger vil vi stærkt anbefale, at der udarbejdes nogle enklere retningslinjer for, hvorledes LFM kan indregne de afgiftsmæssige forhold.

Indsamling af viden om lokaliteten og om affaldets sammensætning.

Som beskrevet i afsnit 7.3 var der en lang række forhold, som skulle undersøges og fastlægges, inden projektet kunne igangsættes.

Da deponiet er anlagt i 1979, kunne der tilvejebringes en relativ god beskrivelse af opbygningen, som er beskrevet i materialet fra den daværende tilladelse til etableringen. Både bundkoterne, lermembranen og det etablerede dræn- og perkolatsystem var beskrevet. På baggrund af målinger af overfladekoterne kunne fyldhøjden herefter beregnes/bekræftes. Desuden forelå der oplysninger om miljøforholdene mht. grundvand, nærliggende recipienter, naboforhold etc.

Ud fra oplysninger om opfyldningsperioden, som var 1979 til 1981, og fyldhistorikken skulle den pågældende etape 1 af deponiet indeholde storskrald, industriaffald, byggeaffald og i mindre grad dagrenovation. Imidlertid viste det sig, at vores forhåndsviden om affaldets sammensætning i det valgte graveområde ikke svarede til det, vi reelt fandt i området. Det viste sig ved opgravningen, at størstedelen af affaldet bestod af dagrenovation med en stor mængde jord, som sandsynligvis var anvendt til den løbende mellemafdækning. Der var således langt mindre mængder storskrald, byggeaffald og industriaffald end forudset på baggrund af historikken.

Den lille prøvegravning, som blev udført ca. 4 måneder inden starttidspunktet, gav en del nyttig information om eksempelvis afdækningslag, affaldstyper, nedbrydning, vandforhold og gravemetode; men alligevel viste det sig senere, at den på flere punkter ikke havde givet tilstrækkelige informationer om affaldets sammensætning. Prøvegravningen viste ikke direkte det meget store indhold af husholdningsaffald og det senere konstaterede meget høje indhold af jord i affaldssammensætningen. Det må dog samtidig konstateres, at prøvegravningen uheldigvis var foretaget i det område, som viste sig at indeholde en forholdsvis lav andel af husholdningsaffald, og derfor ikke var så repræsentativ for hele det afgravede område. Dette fremgår også af resultaterne af de non-invasive undersøgelser.

Vi vil derfor anbefale, at der i kommende LFM-projekter gøres mere ud af prøvegravninger og om muligt også prøvesorteringer.

Det beskrevne forsøg med anvendelse af non-invasive undersøgelser i forbindelse med LFM har vist, at metoden kan generere brugbare data til tolkning af den fysiske sammensætning af et affaldsdepot. Det er imidlertid vanskeligt at tolke de indhentede data fuldstændigt, da der mangler referencer på affaldsområdet. Imidlertid viser beskrivelsen i afsnit 7, at data fra non-invasive undersøgelser kan tolkes og anvendes allerede i dag. Vore konkrete erfaringer fra dette projekt viser, at der endnu er en ret stor usikkerhed ved tolkningen af non-invasive screeninger.

Man bør dog være opmærksom på, at indtrængningsdybden for georadar vil være en begrænsning, som ikke umiddelbart kan elimineres. Imidlertid kan der ændres på radarbølgelængden, og der kan benyttes flere antenner, så der kan opnås bedre horisontal opløsning, samtidig med at der opnås flere kortlægningsdybder for tracerdelen. GroundTracer metoden er en meget hurtig undersøgelsesmetode, som ikke kræver de store fysiske tiltag. Og desuden er omkostningerne meget lave til sådanne undersøgelser.

Umiddelbart før gravearbejdet blev startet, blev der udført poreluftmålinger af gassammensætningen under det formodede dæklag. Undersøgelserne viste meget høje indhold af både metan og svovlbrinte. Da vi efterfølgende fjernede afdækningslaget langs kanten og gravede render i toppen af depotet, kunne gasserne frigives, og koncentrationerne af de problematiske gasarter faldt meget hurtigt. I resten af projektperioden var der ingen problemer med frigivelse af problematiske gasarter, og der blev ikke konstateret gas på de personbårne gasmålere. Det antages, at de detekterede gasser ved de indledende – meget høje – målinger hidrørte fra, at de problematiske gasser var opsamlet over en længere periode og var 'fanget' under det relativt kompakte dæklag på toppen af depotet.

Da forholdene kan være meget forskellige fra lokalitet til lokalitet, vil vi anbefale, at screening for gas og gasmålinger under gravearbejdet medtages som en del af et LFM-projekt.

10.2 Etablering af plads

Det var en stor fordel for projektet, at der var gode mandskabs- og kontorfaciliteter tæt på gravefeltet.

Ligeledes fungerede det godt, at der var udarbejdet en grovplan for selve arbejdets udførelse, for det maskineri og det mandskab, der skulle indsættes, og at det var aftalt, hvem der stod for ledelse, for registreringer og andre opgaver under forløbet.

En del af disse emner blev også fastlagt ved, at der blev udarbejdet en Plan for Sikkerhed og Sundhed (PSS), som også blev gennemgået med maskinførere og andre deltagere i arbejdet. Når der som her allerede foreligger beredskabsinstrukser og procedurer for udarbejdelse af PSS og af APV, er det væsentligt mere overkommeligt også at udarbejde instrukser på specialområder som f.eks. for gasmålinger, færdselsforhold i graveområdet o. lign.

Vi havde forberedt os på, at der kunne dukke forskellige former for farligt affald op, og det ville være uforsvarligt ikke at have faciliteterne klar, men i praksis fik vi kun meget begrænset brug for dem. Af hensyn til omgivelserne kan det være nødvendigt med en form for hegn til opfangning af let affald, som kan genere naboer, ligesom hegning og skiltning for at undgå uvedkommende færdsel på graveområdet kan være nødvendigt.

10.3 Opgravning og sortering

Tid, økonomi og praktiske omstændigheder begrænsede som nævnt vores muligheder for at nå frem til 'rene' og ensartede fraktioner. Her sammendrages kortfattet vores erfaringer og anbefalinger ud fra det, vi konkret har oplevet i det gennemførte forsøg:

Forsortering:

En forsortering af affaldet under udgravningen ser vi som en god og fleksibel metode til både at udsortere særligt værdifulde, særligt voluminøse, eller særligt farlige emner fra affaldet, inden det neddeles eller bearbejdes på anden måde. Ved det her gennemførte LFM-projekt blev bil-dæk, stort jern, stort træ og andet brændbart, som ville medføre driftsproblemer og maskinstop på rystesorteringsanlægget, sorteret fra som forholdsvis rene fraktioner allerede ved forsorteringen.

Forsorteringen kræver en dygtig gravemaskinfører, og det er klart, at målsætningen og arbejdsinstruksen for forsorteringen må afpasses efter det affald, som udgraves og de maskinelle behandlinger, som affaldet efterfølgende skal gennemgå.

Grovsortering:

En opriver- eller neddelermaskine kunne have været nyttig til at sønderdele plastfolie, jordklumper m.m. inden sorteringsanlægget. En neddeler kunne så indsættes som bearbejdning efter forsorteringen men inden sorteringsanlægget. En neddeling vil dog sandsynligvis medføre, at der kan opstå problemer med vindbåren forurening af omgivelserne.

Rystesorteringsanlægget, som anvendtes ved det aktuelle LFM-projekt, fungerede egentlig udmærket efter hensigten, og særligt forekom udsorteringen af jordfraktionen at være tilfredsstillende. Da affaldet var ret fugtigt, og da der var et relativt stort indhold af lerjord i affaldet, var det uundgåeligt, at der stadig efter første passage gennem sorteringsanlægget fandtes et ret stort indhold af jord og lerjord i mellemfraktionen.

Påmontering af båndmagneter på rystesortererens udløbsbånd fungerede også tilfredsstillende. Ikke alt jern blev fanget i det første gennemløb, og skrotjernet vil uundgåeligt indeholde en del andre materialer, som hænger ved, når jernemnerne fanges af magneterne.

Derimod fungerede afsugningen af let plast og af andre lette emner med den ophængte suger til tider problematisk. Tunge og våde emner i affaldet forhindrede i en vis grad, at plastfolierne blev løftet op fra båndet. Det plastfolie, som blev løftet ud, var egentlig så rent, som man kunne ønske sig, men operationen skulle helt klart gentages, for at man kunne sige, at de lette plastfolier var nogenlunde udsorterede. Som nævnt kunne en neddeling inden afsugningen af let plast formodentlig have forbedret effektiviteten.

Opstilling af neddelings- og grovsorteringsanlægget i en telthal bør nok overvejes til et længerevarende LFM-projekt. En sikring mod regn og vind vil være en stor fordel for sorteringsanlæggets drift, og det vil give bedre muligheder for at sætte ind over for udfordringer både omkring arbejdsmiljøet og det eksterne miljø.

Eftersortering:

Den i dette LFM-projekt gennemførte eftersortering bestod i det væsentlige i at bearbejde de fraktioner, som ved grovsorteringen (dvs. første gennemløb af rystesorteringsanlægget) stadig havde en betydelig andel af bestanddele, som sorteringsanlægget var udstyret til at frasortere.

Det lykkedes også i tilfredsstillende grad at frasortere jord, jern og plastfolie fra grovfractionen, men den nu tilbageværende restfraktion havde stadig et uønsket højt indhold af træ, plast, gummi, tekstiler o. lign. indblandet i den mineralfraktion (sten og brokker), som vi egentlig stilede efter.

Ved den tilsvarende eftersortering af mellemfraktionen, som indeholdt en andel af jord på 55-60%, viste det sig, at rystesorteringsanlægget ved det første gennemløb i eftersorteringen kun magtede at udsortere ca. halvdelen af den ret lerholdige jord. Da det også satte ind med regnvej, måtte vi opgive at fortsætte ad denne vej, og vi valgte derfor at håndsortere restfraktionen fra dette første eftersorteringstrin. Håndsorteringen gav os mulighed for gennem beregninger at opstille en samlet oversigt over affaldets materialetyper.

En videre sortering, hvor sten og brokker adskilles fra træ, plast, gummi og andet brændbart eller genanvendeligt materiale, bør efter vor vurdering undersøges og prioriteres i et senere LFM-projekt. Om dette kan realiseres i en stenfælde eller ved en flotationsbaseret rensning, kan vi ikke ud fra erfaringerne ved dette projekt vurdere, men affaldsarternes forskelle i massefylde forekommer som en oplagt sorteringsfaktor.

Håndsortering:

Håndsortering udførte vi under helt primitive forhold og kun på en mindre stikprøve af en enkelt restfraktion, fordi vi herved kunne nå frem til en mere detaljeret karakterisering af denne fraktion, som tydeligvis bestod af nogle meget forskelligartede materialetyper, som det ikke var lykkedes os at udsortere pga. knaphed på tekniske løsninger samt tid og penge.

Sammenholdt med andre gennemførte skøn over sammensætningen af restfraktioner og af bestanddelene i stort brændbart gav resultaterne os mulighed for at opstille en samlet oversigt over affaldets bestanddele i materialetyperne jord, sten og brokker, plastfolie, træ, tekstiler og tæpper, jern, hård plast, glas og gummi.

Det var for os et overraskende resultat, at andelen af jord viste sig at være ca. 75%. Andelen af sten og brokker på 12-13% var ikke så overraskende, men at der herefter kun resterede 10-12% af affaldet til de øvrige materialetyper måtte også vurderes som overraskende og for målsætningen om genanvendelse egentlig negativt.

GPS-opmåling,

Under hele afgravningsforløbet og under retableringen blev der hyppigt udført manuelle GPS-målinger af grave- og fyldfronterne. Som omtalt sidst i afsnit 7.3.1 og vist Bilag 9 – 10 er målingerne benyttet til dels at fastlægge positionerne for de enkelte afgravningsforløb og dels til at udarbejde konturkort og foretage mængdeberegninger på baggrund heraf.

Med anvendelse af ny droneteknologi vil der kunne foretages daglig opmåling af gravefeltet til brug for 3D kontureringer og volumenberegninger. Herved kan der dels opnås en økonomisk besparelse og dels udføres en mere præcis opmåling, idet den manuelle opmåling kan være vanskeliggjort af ustabile gravefronter (sikkerhedshensyn).

Figur 10.1 Eksempel på 3D droneopmåling af gravefelt



10.4 Afsætning

Afsætning af de opgravede og udsorterede materialer vil naturligvis være betinget af afsætningskanalerne. Det er af stor betydning, at der lokalt findes afsætningskanaler, ligesom det vil have betydning, om der er realistiske transportløsninger, som kan anvendes.

For Affaldscenter Skårup er betingelserne for afsætning gode, idet ejeren, Renosyd, har et etableret og velfungerende system med afsætningskanaler for virksomhedens øvrige aktiviteter på affaldsområdet. På affaldscentret var der samlestationer for følgende fraktioner, som blev anvendt i LFM-projektet:

- Jernskrot
- Stort brændbart til knusning inden det køres til forbrændingsanlæg i Skanderborg
- Sten og brokker til knusning og videresalg som genbrugsstabil

Som det fremgår af afsnit 9.5, var det relativt små mængder affald, som blev afsat til genanvendelse fra projektet. Det skyldes flere faktorer, hvoraf kan nævnes,

- at den store mængde husholdningsaffald ikke er velegnet til udsortering i ensartede og specielt værdifulde fraktioner,
- at hensigten med projektet ikke primært var at afsætte udsorteret affald, men derimod at undersøge mulighederne herfor,

- at sorteringssystemerne var udvalgt med henblik på behandling af storskrald snarere end husholdningsaffald,
- at alt brandbart (herunder plast) blev samlet og sendt til forbrænding,
- at sten og betonbrokker ikke blev udsorteret og dermed afsat på optimal måde som følge af problemer med de valgte sorteringsmetoder.

Nyttiggørelse af jordfraktion

Langt den største del af det opgravede affald blev sorteret fra i finfraktionen, som næsten udelukkende var jord, som var enten uforurennet eller lettere forurennet. Samlet set bestod ca. 74% af den opgravede affaldsmængde af jord, som ifølge jordanalyserne kunne karakteriseres som enten ren eller lettere forurennet jord.

Det vurderes umiddelbart, at 'lettere forurennet jord' vil udgøre den dominerende fraktion i fremtidige danske LFM-projekter, og det vurderes, at den vil kunne udgøre over 50% af den samlede opgravede mængde affald fra LFM. Det vil derfor være af stor betydning for fremtidens LFM, at der kan findes anvendelse for denne store jordmængde.

Den dominerende forureningsparameter i disse jordmængder er kulbrinter, der sædvanligvis hidrører enten fra olieprodukter eller for en mindre dels vedkommende fra naturligt forekommende forbindelser. I nogle tilfælde er det af betydning at vide, hvor stor en del af kulbrinterne, der hidrører fra naturlige forbindelser. For at fastlægge andelen af naturlige forbindelser, udføres der en såkaldt florisiloprensning i forbindelse med analysen for kulbrinteindholdet. Under projektet er der udtaget repræsentative prøver af hvert jordparti/finfraktion på 120 ton hver. Prøverne fra 12 af disse partier er analyseret for kulbrinteindhold før og efter florisiloprensning. Resultaterne af disse undersøgelser er vist i tabel 9.5 og 9.6 og viser, at 44 % af kulbrinterne i jordpartierne er naturlige kulbrinter.

Det meget høje indhold af naturligt forekommende kulbrinter i jordfraktionen betyder, at forureningsgraden af jorden skal vurderes betydeligt lavere, end det fremgår af de samlede analyser. For at få et mere korrekt billede af forureningsrisikoen fra den meget store andel af affaldet, som jorden udgør, anbefales det, at der ved LFM altid foretages florisiloprensning i forbindelse med kulbrinteanalyserne.

Som beskrevet ovenfor vil finfraktionen som oftest kunne karakteriseres som lettere forurennet jord, med et mindre restindhold af affald i form af små plaststykker, glasskår mv. Fraktionen vurderes at være velegnet til retablering af udgravninger, men vil også være yderst anvendelig til eksempelvis diger og støjvolde. Nyttiggørelse af denne fraktion er imidlertid vanskeliggjort ved, at de kommunale myndigheder i hvert enkelt tilfælde skal foretage en vurdering af, om partiet må fraføres anlægget og ændre status fra affald til lettere forurennet jord. En anbefaling kunne derfor være, at sådanne jordfraktioner efter en nærmere karakterisering tilføjes i restproduktbekendtgørelsen på lige fod med knust beton, slagge og aske mv.

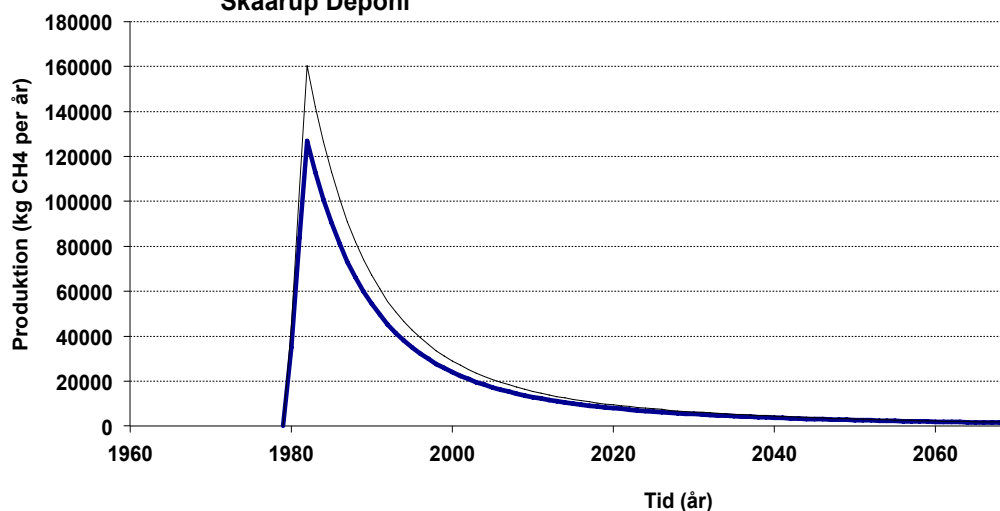
10.5 Klimareduktion ved Landfill Mining

I forbindelse med projektet har vi beregnet den årlige akkumulerede gasproduktion for perioden 1979 til 2079.

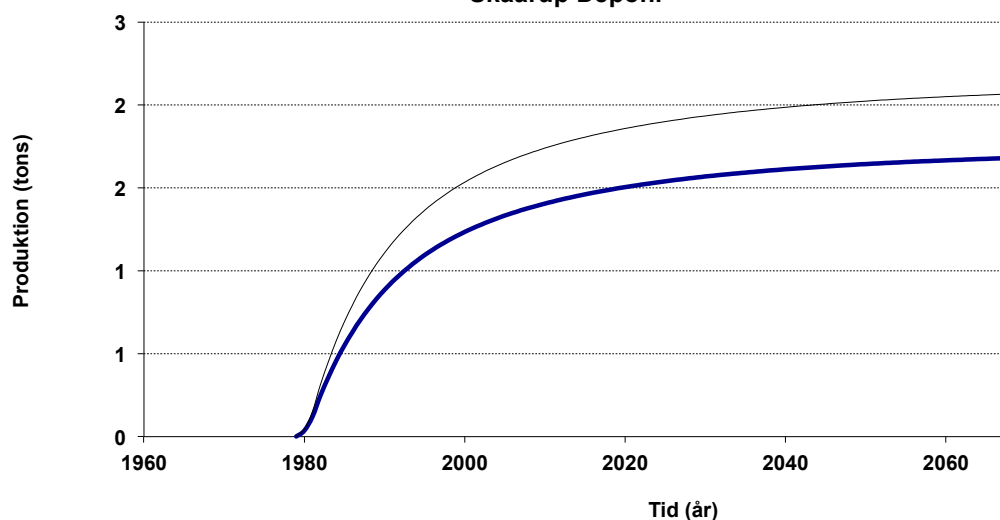
Det ses af figuren, at den gennemsnitlige gasproduktion i 2016 er 11.378 (kg CH₄ år⁻¹) svarende til 1,29 kg/t. Gennemsnittet er beregnet på baggrund af maksimum- og minimumproduktionen.

Prognose af CH₄ produktionen fra

Skaarup Deponi



Prognose af CH₄ produktion akkumuleret fra Skaarup Deponi



Den akkumulerede gasproduktion aflæses af figuren til $1,5 \times 1000$ ton CH₄ og $1,7 \times 1000$ ton CH₄ i hhv. 2016 og 2079. Dvs. i år 2016 er ca. $(100 \times 1,5/1,7) = 88,2$ % af affaldets gasproduktion forløbet.

Ved en evt. vurdering af, hvilken effekt et landfill mining projekt vil have på klimabidraget, kan den samlede CH₄ besparelse beregnes frem mod 2079, hvor der stort set ikke produceres mere gas.

Ved en fuld opgravning af hele Etape 1 vil der ske en reduktion på i alt 265, 22 ton CH₄, eller hvad der svarer til 6.630 CO₂-equivalenter.

Mængden, som vi har gravet ud, svarer til ca. 3% af den samlede volumen og betyder en klimareduktion på 7,9 ton CH₄, eller hvad der svarer til 198,9 CO₂-equivalenter.

10.6 Øvrige anbefalinger

Styregruppen anbefaler, at der nedsættes en pendant til det belgiske landfill mining konsortium og oprettes et **Dansk Landfill Mining Konsortium**

Formålet med et partnerskab/konsortium vil være at skabe en platform for teknologi-, regulerings- og forretningsudvikling for genindvinding og nyttiggørelse af ressourcer i tidligere deponeret affald herunder undersøge og belyse andre fordele og ulemper ved metoden på nye såvel som gamle deponier/lossepladser.

De overordnede mål vil være følgende:

- At identificere og udvikle lovende/nye teknologier, reguleringsstrategier samt kommercialiserings- og forretningsmuligheder i Danmark såvel som internationalt.
- At bidrage til etablering af specifikke udviklings- og forretningspartnerskaber mellem danske aktører på sorterings- og behandlingsområdet.
- At opnå miljømæssige fordele ved de udviklede konceptløsninger.

Partnerskabet skal danne grundlag for at tilvejebringe den nødvendige finansiering til at kunne gennemføre de ideer og aktiviteter, der udvikles af deltagerne i partnerskabet.

11. Forretningsmodel for LFM

I forbindelse med gennemførelsen af LFM-projektet har ét af målene været udarbejdelse af en overordnet forretningsmodel for LFM, hvor de enkelte forretningsmæssige elementer vurderes og estimeres økonomisk. Da der ikke er to deponeringsanlæg/lossepladser, der er ens, vil indhold og output i sagens natur variere meget ved LFM-projekter. Samtidig vil incitamenterne til at foretage LFM være forskellige, og det vil derfor være urealistisk at foreskrive en fast forretningsmodel, som kan anvendes ved gennemførelse af LFM-projekter generelt.

Vi har derfor valgt – i stedet for en egentlig forretningsmodel – at udarbejde et paradigme for, hvilke elementer, der skal indgå i en forretningsmæssig vurdering af et LFM-projekt, således at både de administrative hensyn og de erfaringer, som er indhentet ved gennemførelse af den praktiske del af projektet, bliver inddraget og vurderet. Som en hjælp ved anvendelsen af paradigmet er der neden for udarbejdet en række scenarier, der beskriver forskellige LFM-forhold med udgangspunkt i forholdene på Affaldscenter Skårup, hvor projektet er gennemført.

Paradigmet og de tilhørende scenarier identificerer og anvender de vigtigste omkostningselementer i forbindelse med LFM samt de væsentligste økonomiske fordele. Udgangspunktet er, at de økonomiske elementer anskues fra deponeringsanlæggets side. Men desuden behandles nogle generelle økonomiske og samfundsmæssige elementer, som kan være mere eller mindre relevante alt efter, hvilket perspektiv en vurdering af et LFM-projekt måtte have.

Som grundlag for beregningerne benyttes primært de økonomiske forudsætninger og resultater fra nærværende projekt samt oplysninger om anlægget i Skårup. Det skal derfor understreges, at basisoplysningerne er case-specifikke. Ved vurderingen af andre LFM-projekter må der nødvendigvis gennemføres et forarbejde, som afdækker de enkelte projekters særlige forhold.

11.1 LFM-scenarier

I tabel 11.1 vises en oversigt over de scenarier, der er udvalgt for at illustrere elementerne og mulighederne i den opbyggede forretningsmodel. I den følgende tekst beskrives og kommenteres hvert enkelt scenarie.

Som grundlag for udarbejdelsen af scenarierne er valgt hele etape 1 på Affaldscenter Skårup, hvor der forudsættes et deponeringsareal på 10.000 m² opfyldt med 45.000 m³ affald. Det antages, at afdækningsjorden (ren jord) fjernes (ca. 15.000 ton - 1:1 inkl. skrænter og skråninger), og alt affald (ca. 67.500 ton - omregningsfaktor 1,5) på etape 1 opgraves og sorteres efter samme metoder, som anvendes under projektet. Som udgangspunkt anvendes den affaldssammensætning, som konstateredes i Skårup (afsnit 9); men efterfølgende simuleres ændringer i affaldets sammensætning. Tilsvarende tages den gennemførte sortering og det fundne sorteringsresultat som udgangspunkt; men i de efterfølgende scenarier ændres der fra disse forudsætninger og hen mod en sortering, som er bedre egnet til en mere varieret affaldssammensætning. Imidlertid fastholdes de følgende forudsætninger i scenarierne:

- Al sortering, størrelsesfraktioneringen, neddeling og knusning, kartering m.m. foretages on-site på deponeringsanlægget
- Genanvendeligt jern og metal fraføres og sælges
- Natur- og marksten samt brokker sælges efter knusning som knust beton
- Forbrændingsegnet affald fraføres og forbrændes på forbrændingsanlæg
- Farligt affald fraføres og miljøbehandles

- Finfraktionen (jorden) vurderes som deponeringsegnet og kan eventuelt deponeres uden yderligere behandling
- Finfraktion, der kan karakteriseres som lettere forurenede jord, kan fraføres som sådant
- Kraftigt forurenede jord fraføres anlægget og renses eksternt
- Afdækningsjorden (ren jord) genanvendes internt som driftsmiddel på deponiet

Der er ved fastlæggelsen og beregningen af scenarierne taget hensyn til nogle strukturelle forhold, hvis økonomiske relationer har væsentlig betydning for den samlede økonomi for et LFM-scenarie:

- I forbindelse med projektet har SKAT vurderet, at der ikke er mulighed for modregning af affaldsafgift ved fraførsel til genanvendelse eller forbrænding. Dette skyldes primært, at der ikke er svaret affaldsafgift af det deponerede affald på deponiets etape 1. Hvis man derimod frafører afgiftsbelagt affald, vil der kunne opnås refusion af affaldsafgiften, hvilket er indregnet i nogle scenarier¹.
- Ved fraførsel af affald til affaldsforbrænding skal der svares energiforbrænding heraf².
- Dersom deponeringsvolumenet og/eller -arealet reduceres, vil der være en besparelse på omkostningerne til vedligeholdelse og perkolatrensning.
- Ligeledes vil en reduktion i volumen eller areal betyde, at der er mindre behov for henlæggelser eller lovpligtig sikkerhedsstillelse med henblik på fremtidige, (u)forudsigelige omkostninger, som genereres af det modtagne affald.
- Ved LFM vil der kunne frigøres arealer, som kan anvendes til andre formål. Sædvanligvis vil det medføre en værdiforøgelse af arealerne, hvilket bør medtages i beregningerne.

I Bilag 15 er vist beregningerne af de økonomiske forhold for de enkelte scenarier angivet i tabel 11.1. Som beregningsgrundlag er der anvendt de faktuelle resultater af testprojektet i Skårup (Basis case). Disse tal er benyttet til at fastlægge en række enhedspriser for både omkostninger og indtægter ved LFM. I Bilag 15 ses således den økonomiske betydning af de enkelte faktorer, som indgår i et LFM-projekt. I bilag 16 er der en beskrivelse af de enkelte variable i Bilag 15. Her er dels angivet, hvad de enkelte faktorer indeholder, og hvorledes enhedspriserne er fastlagt. Beregningerne i bilag 15 bygger på et regneark, som kan tilgås på hjemmesiden <http://landfillmining.dk>. Brugen af regnearket er nærmere beskrevet i bilag 16.

¹ Det antages, at alt affald som opgraves fraføres anlægget udløser en afgiftsrefusion til gældende afgiftssats på 475,- kr. pr. ton. Opgravet deponeringsegnet affald fra nedlukkede lossepladser/deponeringsanlæg kan deponeres/fraføres til registreringspligtigt anlæg uden der skal svares afgift jvf. SKATs regler, eksempelvis på den igangværende etape 6 på Affaldscenter Skaarp

² Ved forbrænding af affald skal der som udgangspunkt betales afgift efter brændværdien eller energiindholdet, jvf.. "Bekendtgørelse af lov om afgift af stenkul, brunkul og koks m.v.". Traditionelt forbrændingsegnet affald producerer i gennemsnit 10,5 GJ/ton med en virkningsgrad på 85%. Det forventes, at opgravet affald er forholdsvis vådt og delvist omsat, så der forudsættes en lavere brændværdi på ca. 8,5 GJ/ton (erfaringer fra projektet Geringe Miljøanlæg, REFA) med en virkningsgrad på 85%.

Tabel 11.1 Landfill mining scenarier

LFM scenarie #	Basiscase	1	2	3	4
Affaldssammensætning	Faktuel Skårup	Faktuel Skårup	Faktuel Skårup	Typisk deponi	Typisk deponi
Affaldsmængde	2.084 t	67.500 t	67.500 t	67.500 t	67.500 t
Sorteringsmetode	Faktuel Skårup	Faktuel Skårup	Optimeret Skårup	Optimeret Skårup	Optimeret Skårup
Gendeponering	92%	83%	67%	67%	17%
Forurennet jord fraført	0%	0%	0%	0%	50%
Tilbageført affaldsafgift	0%	0%	0%	0%	0%
Sparet drift og sikkerhedsstillelse	Nej	Nej	Nej	Nej	Nej
Nettoomkostning kr./tons	775	785	763	755	598

LFM scenarie #	5	6	7	8
Affaldssammensætning	Typisk deponi	Typisk deponi	Typisk deponi	Typisk deponi
Affaldsmængde	67.500 t	67.500 t	67.500 t	67.500 t
Sorteringsmetode	Optimeret Skårup	Optimeret Skårup	Optimeret Skårup	Optimeret Skårup
Gendeponering	17%	17%	17%	17%
Forurennet jord fraført	50%	50%	50%	50%
Tilbageført affaldsafgift	0%	83%	83%	83%
Sparet drift og sikkerhedsstillelse	30 år	Nej	30 år	80 år
Nettoomkostning kr./tons	520	204	127	28

Basis case: De konkrete testresultater fra Skårup

I forbindelse med projektet er der indsamlet økonomiske data for de forskellige led i projektet, og der er regnet på de faktiske omkostninger, som repræsenterer opgravning af ca. 3000 ton afdæknings- og overjord, sortering og behandling af ca. 2084 ton affald samt retablering af deponeringsanlægget som foreskrevet i miljøgodkendelsen. Resultaterne fra testopgravningen og sorteringerne er benyttet som grundlag for kalkulation af en række økonomiske elementer, som efterfølgende er anvendt i de valgte scenarier. I de foregående afsnit 8 og 9 er der angivet de konkrete affaldsmængder, sorteringsresultater, omkostninger, og salgspriser, som er indsamlet under forsøgsprojektet.

Omkostningerne er generelt på et niveau, som svarer til priserne for de omtalte ydelser i 2. halvår 2016. Nogle omkostninger – typisk forundersøgelses- og igangsætningsomkostninger samt omkostninger, som var påvirket af indlærings- og indkøringsperioder – er muligvis overestimerede. Andre omkostninger – f.eks. visse lejeomkostninger af maskiner og lønningerne til tilsyn og ledelse er muligvis lavt sat. Fastlæggelsen af omkostningerne er nærmere beskrevet i bilag 16.

Resultater og kommentarer for basis case

Som tidligere beskrevet var det opgravede affald domineret af husholdningsaffald og jord. Affaldssammensætningen og den begrænsede affaldsmængde, som er behandlet i projektet betyder, at der er anvendt relativt store omkostninger på projektering og planlægning. Dette begrænser validiteten af de konklusioner, man kan tillade sig at drage. Alligevel mener vi, at de ca. 2 måneders arbejde med udgravning, sortering, vejning og karakterisering af affaldet har givet data og erfaringer, som det må være nyttigt at præsentere og kommentere på som ud-

gangspunkt for de efterfølgende scenarier. De samlede omkostninger for LFM-projektets basis case er beregnet til 775 kr./ton affald.

Scenarie 1: Hele etape 1 behandles som testafgravningen

I dette scenarie foretages der en fuldstændig LFM af etape 1 på Affaldscenter Skårup. Der anslås at være 67.500 ton affald dækkende et areal på 10.000 m². Affaldet forudsættes at være fortrinsvis husholdningsaffald med en sammensætning som i testprojektet. Det forudsættes samtidig, at sammensætningen af affaldet i hele etappen er som i forsøget 2.084 ton. Desuden fastholdes de sorteringsresultater og de procentvis fraførsler af udsorterede affaldsmængder, som opnåedes i forsøget. Endelig fastholdes også de procentvis mængder, som tilbageførtes til deponiet. Restaffald sammen med den frasorterede jord deponeres på deponiets etape 6, hvor der i dag er tilladelse hertil, hvorved etape 1 frigives. Der er ikke affaldsafgift retur på de fraførte mængder og heller ikke affalds- eller deponeringsafgift på de gendepoerede mængder.

Resultater og kommentarer for scenarie 1

Som det fremgår af tabel 11.1 vil omkostningen pr ton affald (785 kr./ton) være omtrent den samme som omkostningen ved LFM-testen til trods for, at der behandles en affaldsmængde, der er ca. 30 gange større. Den væsentligste årsag hertil er, at der påregnes deponering på en igangværende etape, hvor deponeringsomkostningerne i dag er væsentligt højere. Der er af forsigtighedsgrunde ikke indregnet nogen effektiviseringsgevinst i udgravnings- og sorteringsomkostningerne som følge af de meget større affaldsmængder. Dersom gendepoeringen kunne ske på etape 1, ville de samlede behandlingsomkostninger pr ton være ca. 46% lavere. Scenariet tjener først og fremmest til at vise, at forundersøgelser- og igangsætningsomkostningerne ved LFM er betydelige, og at disse engangsomkostninger naturligvis får mindre vægt, når projektet øges i størrelse.

Scenarie 2: Forbedret sortering

Dette scenarie svarer til scenarie 1 med en mere effektiv sortering. Under omtalen af forsøgets sorteringsudfald (afsnit 9) blev det nævnt, at tekniske og økonomiske faktorer satte begrænsninger for den grad af sortering, som blev opnået i forsøget. I dette scenarie simuleres det, at de restfraktioner, som pga. utilstrækkelig sortering måtte gendepoeres, videresorteres på følgende måde:

- Ud af restfraktionerne udsorteres 50% af de sten og brokker, som findes i materialsammensætningen, og
- ud af restfraktionerne udsorteres 50% af det brændbare materiale, som findes i materialsammensætningen.
- Ved disse sorteringer simuleres også, at 50% af jorden i restfraktionerne udsorteres – men gendepoeres.

Disse simuleringer medfører et sorteringsudfald, hvor sten og brokker til genanvendelse øges fra 0,7% til 6,6%, og brændbart materiale til forbrænding øges fra 5,1% til 7,7%. Gendepoeringen falder fra 91,5 til 83%. Der er ikke beregnet øgede sorteringsomkostninger, selvom dette muligvis kunne være relevant. Vort ræsonnement har her været, at en effektivisering af sorteringsprocesserne ved de større mængder bør kunne rumme de ekstra sorteringstrin.

Resultater og kommentarer for scenarie 2

Den forbedrede sortering medfører en øget genanvendelse af affaldet, som dermed betyder reducerede omkostninger til gendepoering. Genanvendelsen af den brændbare del af affaldet betyder en væsentlig udgift til forbrænding, hvilket desværre opvejer de økonomiske fordele ved at genanvende og affaldsreducere. Samlet set betyder den bedre sortering, at omkostningerne falder fra 785 kr./ton til 763 kr./ton. Enhedsomkostningerne er således ca. 3% lavere

pr. ton affald end i scenarie 1. Resultatet viser, hvorledes omkostningen til forbrænding vil være en hæmsko og et fordyrende element for LFM-projekter.

Scenarie 3: Ændret affaldssammensætning og forbedret sortering

Dette scenarie svarer til scenarie 2 med en væsentlig ændret affaldssammensætning, idet der forudsættes en større mængde industriaffald og storskrald. Sammensætningen er fastlagt ud fra erfaringer fra andre projekter, hvor affaldssammensætningerne er undersøgt. Den forbedrede sortering i scenarie 2 bibeholdes. Den ændrede affaldssammensætning og bedre sortering medfører – sammenholdt med scenarie 1 – et sorteringsudfald, hvor sten og brokker til genanvendelse øges fra 0,7% til 12%, og brændbart materiale til forbrænding øges fra 5,1% til 18%. Gendeponeringen falder fra 91,5 til 67,2%.

Resultater og kommentarer for scenarie 3

I scenariet har vi valgt – i lighed med scenarie 2 og 3 – at fastholde enhedsomkostningerne til opgravning og sortering. Men den øgede genanvendelse af affaldet betyder reducerede omkostninger til gendeponering. Genanvendelsen af den brændbare del af affaldet betyder en væsentlig udgift til forbrænding, hvilket desværre opvejer de økonomiske fordele ved at genanvende og affaldsreducere. Enhedsomkostningerne er ca. 4% lavere pr ton affald end i scenarie 1.

Resultaterne viser, at der er en ubetydelig ændring af økonomien ved sortering og salg til genbrug af knuste sten og brokker, men at udgiften på 510 kr./ton til forbrænding af den øgede mængde brændbart materiale vejer tungt. De sparede omkostninger til gendeponering betyder dog, at den samlede LFM-omkostning reduceres fra 785 kr./ton i scenarie 1 til 755 kr./ton i scenarie 3.

Scenarie 4: Effekt af at fraføre lettere forurenede jord

Scenarie 4 svarer til scenarie 3, men her forudsættes det, at finfraktionen fra sorteringen karakteriseres som lettere forurenede jord og kan fraføres og genanvendes som lettere forurenede jord til eksempelvis støjvolde eller anden godkendt nyttiggørelse. Der gendeponeres således kun 17% af det opgravede affald.

Resultater og kommentarer for scenarie 4

Som det fremgår af tabel 11.1 er der nu en væsentlig omkostningsreduktion, som primært hidrører fra de reducerede deponeringsomkostninger. Omkostningerne til genanvendelse af den lettere forurenede jord er anslået til 105 kr./ton, hvilket svarer til 25% af omkostningerne ved gendeponeringen. De samlede LFM-omkostninger er ca. 21% lavere, når den lettere forurenede jord fraføres til genanvendelse.

Ved de følgende scenarier indregnes en række afgiftsmæssige og strukturelle forhold i beregningerne.

Scenarie 5: Effekt af besparede henlæggelser og perkolatbehandling

Dette scenarie svarer til scenarie 4, hvor der samtidig tages hensyn til de sparede omkostninger, der vil være ved ikke at skulle opretholde deponiet i en 30-årig periode, svarende til den årrække, der vil forløbe til et deponi overgår til passiv drift. Der vil dels være tale om sparede omkostninger til behandling af perkolat, og dels en besparelse ved frigivelse af den lovpligtige sikkerhedsstillelse med henblik på fremtidig nedlukning og efterbehandling. Modregningen foretages alene for den del af LFM-området, hvor der ikke er foretaget gendeponering.

Resultater og kommentarer for scenarie 5

Som det fremgår af tabel 11.1 er der en regnskabsmæssig besparelse forbundet ved at lade etape 1 udgå af driften. Den opnåede besparelse over en 30-årig periode vil kunne reducere LFM-omkostningerne med ca. 13% i forhold til scenarie 4.

Scenarie 6: Tilbagebetaling af affaldsafgift for fraført affald

Dette scenarie svarer til scenarie 4, men det forudsættes, at der tidligere er betalt affaldsafgift for den deponerede affaldsmængde. I dette tilfælde vil det være muligt at få tilbagebetalt affaldsafgiften for den del af affaldet, som føres ud fra depotet med henblik på genanvendelse. Som beskrevet under scenarie 4 vil 83% af affaldet kunne føres ud til genanvendelse. Der er i scenarie 6 ikke taget hensyn til en besparelse på langtidsomkostningerne som beskrevet i scenarie 5.

Resultater og kommentarer for scenarie 6

I dette scenarie er der tale om en betydelig omkostningsreduktion, når der regnes med den gældende affaldsafgift på 475 kr./ton. De samlede LFM-omkostninger er for dette scenarie beregnet til 204 kr./ton, hvilket svarer til at omkostningerne er ca. 66% lavere end ved scenarie 4.

Scenarie 7: Effekt af besparede langtidsomkostninger og affaldsafgift

Dette scenarie svarer til scenarie 4, men hvor der samtidig tages hensyn til de sparede omkostninger, der vil være ved ikke at skulle opretholde deponiet i en 30-årig periode, indtil det planmæssigt overgår til passiv drift. Desuden er der her regnet med, at der udføres LFM på affald, der tidligere er svaret affaldsafgift af, således at der bliver refunderet affaldsafgift for det affald, der fraføres med henblik på genanvendelse.

Resultater og kommentarer for scenarie 7

Som det fremgår af tabel 11.1 og af eksemplerne i scenarierne 5 og 6 er der en betydelig økonomisk fordel forbundet med at kunne genanvende affald, som der tidligere er svaret affaldsafgift af, samtidig med at der er en væsentlig besparelse ved frigørelse af arealer, som benyttes til affaldsdeponi. Den samlede opnåede besparelse over en 30-årig periode vil kunne reducere LFM-omkostningerne til 127 kr./ton affald, hvilket svarer til ca. 79% besparelse i forhold til scenarie 4.

Scenarie 8: Effekt af besparede langtidsomkostninger ved 50 års forøget efterbehandlingstid

Dette scenarie svarer til scenarie 7, men hvor efterbehandlingstiden forøges fra de traditionelle 30 til 80 år. Sikkerhedsstillelsen er ikke ændret i forhold til 30 års scenariet i scenarie 7. Desuden er der også her regnet med, at der udføres LFM på affald, hvor det ifølge Skats retningslinjer beskrevet i afsnit 6.2 er muligt at få refunderet affaldsafgift for det affald, der fraføres med henblik på genanvendelse.

Resultater og kommentarer for scenarie 8

Som det fremgår af tabel 11.1 har langtidsomkostningerne væsentlig betydning for den samlede økonomi for et deponi. De samlede omkostninger ved dette scenarie er nu blot 28 kr./ton affald, hvilket svarer til en omkostningsreduktion på 78% i forhold til 30 års scenariet (7) og hel 95% i forhold til scenarie 4.

11.2 Paradigme for indregning af forhold ved beslutning om LFM

Der er mange forhold, der gør sig gældende ved overvejelser om, hvorvidt man i et givet tilfælde vil iværksætte LFM af en større eller mindre affaldsmængde. Ved en række af disse forhold kan der estimeres en økonomisk konsekvens med udgangspunkt i en række generelle enhedspriser, som beskrevet i scenarierne ovenfor. Desuden er der en række miljømæssige, planlægningsmæssige og andre delvis politiske overvejelser, som bør inddrages i beslutningsgrundlaget for LFM.

I det følgende gennemgås de forhold, som nærværende projekts styregruppe vurderer bør inddrages ved overvejelser og senere beslutninger om eventuelt at gennemføre LFM. I første række gennemgås de konkrete økonomiske forhold, som har været inddraget i projektet. Efterfølgende gennemgås de overvejelser af mere generel karakter, som bør inddrages i beslutningsgrundlaget.

I tabel 11.2 er der i første række for alle potentielle omkostninger og efterfølgende for alle indtægter gennemgået baggrunden for de pågældende komponenter, og der er ligeledes angivet en vurdering af enhedsomkostningen, som i vidt omfang er baseret på de konkrete erfaringer fra nærværende projekt.

Tabel 11.2 Omkostnings- og indtægtskomponenter

Omkostninger	Forklaring og supplerende kommentarer	Omkostningsniveau
Projektering og planlægning	Historiske undersøgelser og andre forberedelser, miljøgodkendelse, myndighedskontakt og myndighedsomkostninger.	200.000 – 300.000 kr./plads
Forundersøgelser	Supplerende miljøundersøgelser, prøvegravninger, non-invasive undersøgelser, GPS-opmåling, gasundersøgelser.	50.000 – 150.000 kr./plads
Etablering af plads	Udarbejdelse af APV, PSS og gasinstruks, etablering af mandskabsfaciliteter, etablering af værktøjsfaciliteter, etablering af el- og dieselforsyning, transport af maskineri, etablering af faciliteter til farligt affald, etablering af byggehegn. Evt. midlertidig etablering af telthal /-arbejdsplads. Køb af brugt telthal kan overvejes. Prisen er meget afhængig af størrelse og anvendelsesperiodens længde.	50.000 – 80.000 kr./plads 50.000 – 300.000 kr./plads
Afgravning af af-dækningsjord	Materiel og mandskabsomkostninger	15 - 20 kr./m ²
Opgravning og sortering (for-, grov- og eftersortering)	Materiel og mandskabsomkostninger	350 - 500 kr./ton
Retablering og af-dækning	Materiel og mandskabsomkostninger 15-20 kr./m ² , jord el. kompostmaterialer 0-80 kr./m ²	20 - 100 kr./m ²
Oprydning	Nedtagning af hegn, mandskabsfaciliteter og andre installationer. Hjemtransport af diverse materiel.	25.000 – 70.000 kr./plads
Gendeponering	Gendeponering (internt/eksternt) – kan deponeres på den samme etape eller på en ny til gældende takst uden afgift. Alternativt deponeres på andet deponi til gældende takst uden afgift.	0 kr./tons ved genfyldning. 200 - 600 kr./tons på andet deponi. Ingen affaldsafgift.
Forbrænding af affald	Dersom forbrændingsegne fraktioner fraføres anlægget til med henblik på forbrænding, skal der betales afgift for denne del af affaldet ^{3,4} - Forbrændingstakst (inkl. afgifter osv.)	510 kr./ton

³ Ved forbrænding af affald skal der som udgangspunkt betales afgift efter brændværdien eller energiindholdet, jvf.. "Bekendtgørelse af lov om afgift af stenkul, brunkul og koks m.v."

⁴ Traditionelt forbrændingsegnet affald producerer i gennemsnit 10,5 GJ/ton med en virkningsgrad på 85%. Det forventes, at opgravet affald er forholdsvis vådt og delvist omsat, så der forudsættes en lavere brændværdi på 8,5 GJ/ton (erfaringer fra projektet Gerringe Miljøanlæg, REFA) med en virkningsgrad på 85%.

Nedknusning	Beton- og teglbrokker nedknuses og anvendes som knust beton/tegl.	20 - 30 kr./ton
Lettere forurennet jord	Omkostninger til genanvendelse som lettere forurennet jord – inkl. transport ved bortkørsel fra anlægget.	100 - 150 kr./ton
Forurennet jord	Omkostninger til behandling og transport. Afhængig af forureningsgraden	350 – 600 kr./ton
Farligt affald	Håndtering opbevaring og bortskaffelse	5.000 - 6000 kr./ton
Transport	Intern transport af affaldsfraktioner er indregnet i de angivne omkostninger for de forskellige fraktioner. Omkostningerne til transport af sorterede fraktioner til eksterne aftagere skal indregnes.	25 – 100 kr./ton Lokalitetsafhængig

Indtægter og besparelser	Forklaring og supplerende kommentarer	Indtægtsniveau
Provenu ved salg af (genanvendelige) materialer	Afhænger meget af kvaliteten af de opgravede materialer samt lokale afsætningsforhold. I projektet har det alene været muligt at afsætte jern og metal fraktionen, brændbart materiale samt knust beton/tegl.	Meget materialeafhængig. Eksempelvis Jern (900 kr./ton). Knust beton/tegl (21 kr./ton).
Besparelser til behandling og bortledning af perkolat	Der skal som udgangspunkt betales afledningsbidrag til det kommunale rensningsanlæg indtil anlægget vil kunne overgå til passiv drift, hvilket dog vil bero på en afgørelse fra tilsyns- og godkendelsesmyndighederne. Kan opgøres som behandlingsomkostning-/afledningsbidrag inkl. årlige drift, vedligeholdelse og monitorings-og analyseomkostninger	400 kr./m ² (for Affaldscenter Skårup)
Tilbageførsel af sikkerhedsstillelse og/eller henlæggelser	Alle deponeringsanlæg, som er godkendt efter deponeringsbekendtgørelsen, skal stille økonomisk sikkerhed for fremtidige, forudsigelige omkostninger, som genereres af det modtagne affald. Som udgangspunkt fastsættes tidshorisonten til minimum 30 år. Sikkerhedsstillelsens størrelse skal angives som et grundbeløb per ton affald, der deponeres. Ved nedlukning af en etape på et deponi sker der en afbrydelse af det planlagte, langsigtede økonomiske træk. Det vil derfor være rimeligt at foretage en nedskrivning af den stillede sikkerhed, svarende til den forventede omkostning, som er knyttet til affaldet. Denne problematik bør afklares med tilsynsmyndighederne.	120 kr./m ² (for Affaldscenter Skårup)
Tilbageførsel af statsafgift	Se afsnit 6.2 vedr. afgifter. Som udgangspunkt har det ikke været muligt at fraføre noget med afgiftsrefusion i dette projekt, men i tilfælde af refusion vil dette ske til gældende takst.	475 kr./ton

Ud over de ovennævnte økonomiske komponenter er der en række forhold af mere generel karakter, som sandsynligvis vil være de afgørende incitamenter for at foretage LFM. Det er ikke muligt umiddelbart at sætte økonomi på disse faktorer, da de er afhængig af en række ydre og/eller lokale forhold. Disse faktorer vil indgå i depotejerens, myndighedernes eller andres overvejelser og vil i mange tilfælde indgå i de både strategiske og politiske overvejelser, der kan lægge bag en beslutning om LFM

Frigivet deponeringsvolumen/ omkostninger til etablering af nyt deponi	I nærværende projekt blev det ikke-genanvendte restaffald gendeponeret i den samme etape, hvor det var opgravet. Dette krævede dispensation, og sædvanligvis vil det ikke være muligt, da det pågældende område næppe overholder gældende krav til et deponeringsområde, og det vurderes derfor at være i strid med Deponeringsdirektivet at gendeponere på et anlæg som ikke lever op til nutidens krav til membran og perkolatbehandling. Denne problematik bør afklares med tilsynsmyndighederne i hvert enkelt tilfælde. Imidlertid vil tilvejebringelse af større deponeringskapacitet netop kunne være et væsentligt incitament til LFM. I princippet vil der ved LFM kunne frigøres ny deponeringskapacitet svarende til den affaldsmængde, der fraføres anlægget med henblik på genanvendelse. Renovering af et LFM-opgravet deponiområde så det opfylder gældende krav til et deponi, kan i nogle tilfælde være attraktivt frem for at etablere helt nyt depot for at skaffe kapacitet svarende til opstillede deponeringsprognoser.
Besparelse af evt. ekstraordinære efterbehandlingsomkostninger	Der er stor usikkerhed om efterbehandlingsperiodens reelle længde. Som udgangspunkt er den fastsat til 30 år men der er igangsat et projekt som skal afklare og fastlægge beregningskoncept for hhv. anlæggenes kildestyrke og efterbehandlingsperiode. Effekten af en længere efterbehandlingsperiode vurderes at have en væsentlig økonomisk betydning
Frigivelse af områder	Efter retablering af LFM-områder vil disse i nogle tilfælde kunne anvendes til andre formål som eksempelvis bolig, industri eller rekreative formål. LFM af deponier og lossepladser vil således kunne indgå som en mulighed ved byplanlægning eller anden planlægning. Dette vil nok kræve at hele området opgraves og alt affald fjernes.
Imødegåelse af miljøpåvirkninger	Udsivninger af skadelige stoffer (perkolat) fra deponier og lossepladser udgør i en række tilfælde en miljømæssig risiko for enten grundvand, overfladevand eller recipienter. I nogle tilfælde vil LFM være en brugbar mulighed for at minimere eller eliminere disse miljørisici.

12. Vidensformidling

Formålet med arbejdsplan 8 er vidensformidlingsaktiviteter og promovering af projektet.

I det oprindelige projektforslag var målet og succeskriteriet, at der blev udarbejdet danske såvel som udenlandske artikler om projektet, som præsenteres på internationale konferencer og i relevante fagblade.

Ligeledes var målet, at der blev gennemført en nordisk konference i samarbejde mellem Dansk Affaldsforening og DAKOFA og evt. i samarbejde med Avfall Sverige og Avfall Norge.

12.1 Temadag om Landfill Mining

Det var oprindeligt målet, at der blev gennemført en nordisk konference, men set i lyset af den korte afgravningsperiode, blev det besluttet i stedet at gennemføre en gratis temadag, som kombinerede hhv. præsentationer og muligheden for at se udgravningsarbejdet.

Invitationen blev distribueret ud via de enkelte deltagers netværk samt promoveret af hhv. INNO-MT, DAKOFA og Dansk Affaldsforening m.fl.

Temadagen tiltrak ca. 70 deltagere, som repræsenterede branchen bredt, og alle myndighedstrin var til stede sammen med både entreprenører, rådgivere og et bredt udsnit af affaldsbranchen, da projektdeltagerne holdt indlæg om baggrunden for Landfill Mining generelt og gennemgik det igangværende projekt i detaljer. Der er i forbindelse med projektet lavet en hjemmeside til projektet

<http://www.landfillmining.dk>

På hjemmesiden kan programmet og de enkelte præsentationer ses, og vi vil løbende fylde informationer på hjemmesiden.

Billede 12.1 Temadags deltagere på besøg i sorteringsområdet



Efter de korte indlæg var der mulighed for at se grave- og sorteringsarbejderne og få et nærbillede af arbejdsprocesserne. Arbejdet på pladsen blev midlertidigt standset, så deltagerne kunne komme ind og gennemgå de enkelte sorteringsfraktioner og eventuelt med egne øjne vurdere mulighederne for genanvendelse.

Som arrangører oplevede vi stort engagement blandt de tilstedeværende deltagere, som vi gerne vil takke for den store interesse i projektets processer og forløb samt de mange gode diskussioner om vores fremgangsmåder.

Billede 12.2 Temadags deltagere på besøg i sorteringsområdet



Billede 12.3 Temadags deltagere på besøg i sorteringsområdet



12.2 Danske og udenlandske præsentationer

Projektet har været præsenteret for DepoNet (Netværk for bæredygtig deponering) den 5. september 2016 og på Bæredygtighedsfestivalen i Aalborg, IDA-huset den 13. september 2016 samt i forbindelse med afholdelsen af ISWA Landfill WG-meeting den 18. september 2016 og på MINEA EU Cost Action mødet den 22.-23. september 2016 i Novisad, Serbien.

Det er målet, at der efter projektets afslutning udarbejdes en dansk artikel, som publiceres i fagbladet Teknik og Miljø, samt en større international artikel til Waste Management & Research, som bliver udgivet af ISWA, samt at projektet bliver præsenteret på flere internationale konferencer, bl.a. ELFM IV, Sardinien 2017 samt ISWAs årsmøde 2017 i Baltimore, USA.

12.3 Omtale i øvrige medier og pressen

Projektet har desuden været omtalt positivt på diverse hjemmesider bl.a. Ecoinnovation.dk, DAKOFA, Dansk Affaldsforening, INNO-MT's hjemmesider.

DR nyheder, Horsens Folkeblad, Mestertidende, DK-nyt, Ugebladet Skanderborg samt en radioreportage i DR P4 Østjylland.

13. Referencer

"Achter de Kraanberg en omgevi functie van het bereiken van de instandhoudingsdoelstellingen VRL en HRL. Nota ANB, Herinrichting van het gebied

Affaldsminimering på Miljøcenter Gerringe /v. I/S Refa, Lolland Kommune. Miljøgodkendelse Januar 2011.

Ahmed N et al: "Feasibility of resources from shredder waste". Sardinia Proceedings 2011.

Ansøgning om miljøgodkendelse til forsøg med Landfill Mining på etape 1, Affaldscenter Skårup, Oddervej 75, 8660 Skanderborg, Revision 02. 07.03.2016

Avfall Norge rapport 2/2014. Landfill Mining – forprosjekt, GLT-avfall IKS

Behets, T. et al.: "Landfill mining in flanders : methodology for prioritization". Proc. 14th Int. Waste management and Landfill sym., Sardinia, Oct., (2013).

Bekendtgørelse om deponeringsanlæg nr. 252 af 31. marts 2009

Berg, B. E.: "Gjenvinning av gammel moro", Pres., Avfall Norge, deponiseminar, 29. okt., (2013).

Bhatnagar, A. et al: "Closing the life cycle of landfill – landfill mining in the Baltic Region for future". Linnaeus ECO-TECH 2012 Kalmar, Sweden, November 26-28 2012

Bhatnagar, A. et al.: "Closing the life cycle of landfills - landfill mining in the Baltic Sea Region for future". Proc. 14th Int. Waste management and Landfill sym., Sardinia, Oct., (2013).

Bockreis, A., Knapp, J.: „Landfill Mining – Deponien als Rohstoffquelle“. Österreichische Wasser und, Abfallwirtschaft 63, 70–75. (2011)

"Business Case ifht. Landfill Mining af shredderaffald". AV Miljø 10. januar 2014

Claire, B. et al.: "Strategic metals: Will future supply be able to meet future demand?", Internal Document, MIT, (2013).

Cobb, C. E., Ruckstuhl, K.:", 1988 National waste processing conference-21, Florida (1988).

Condorelli, M. et al.: "Waste: a resource of material and energy - the first implementation case of best processing system", Proc. 14th Int. Waste management and Landfill sym., Sardinia, October 2013.

Cossu, R. et al.: "Landfill in situ aeration for emission control and landfill mining". Urban mining. A global cycle approach to resource recovery from solid waste. CISA Publisher, 1.ed., Italy (2012) 391.

"Danmark uden affald - Ressourceplan for affaldshåndtering 2013-2018". Vejledning fra Miljøstyrelsen nr. 4, 2014

"Determination of the potential of Landfill Mining and the need for remediation of landfills in Flanders". OVAM Final report May 2013

Devocht, S. et al., "Haalbaarheid van de instandhoudingsdoelstellingen voor het SBZ-V 3.11 'Militair domein and vallei van de zwarte beek en het SBZ-H 2200029 'Vallei- en brongebied van de zwarte beek, Bolisserbeek en dommel met heide en vengebieden bij uitvoering van het project 'Closing the Circle' van Group Machiels", UHasselt - Centrum voor Milieukunde (CMK), (2009).

De Gheldere, A. et al., "Carbon Footprint of Landfill Mining", FutureProofed Study, (2009)

EURELCO – European Enhanced Landfill Mining Consortium Country Report Denmark, Landfilling Practices and Regulation Situation in Denmark Version 06-5 2014. Prepared by René Rosendal, Danish Waste Association.

EURELCO – European Enhanced Landfill Mining Consortium Country Report Flanders, Landfilling Practices and Regulation Situation in Flanders (Belgium) Version 20-9 2014. Prepared by Peter Nagels and Eddy Wille, OVAM.

"Evaluering af Projekt affaldsminimering Gerringe Miljøcenter – Fase 1". Udarbejdet af RenoSam for REFA august 2012.

"E6 Frya – Sjøa – Miljøteknisk grunnundersøkelse av Rustmoen deponi", Norconsult Rapport, Statens vegvesen Region Øst, (2012).

Falkman, E.: "Landfill reclamation: drivers and requisites". Pres., Global landfill mining conference and exhibition, Euro400, R. McCaffrey (Ed), (2010).

Ford, S. et al.: "An evaluation of the feasibility and viability of landfill mining and reclamation (LFMR) from a UK perspective". Proc. 14th Int. Waste management and Landfill sym., Sardinia, Oct., (2013).

"Forsøgsprojekt vedrørende Landfill Mining på Avedøre Deponi". Miljøgodkendelse 20. juli 2015

"Fraførsel af deponeret shredderaffald – økonomisk vurdering". Reno Djurs I/S 16. august 2013

Fredegård, P. et al.: "A novel approach for environmental evaluation of landfill mining". J. Cleaner Prod., 55 (2013) 24.

Geysen, D. et al.: "Enhanced Landfill Mining - a future Perspective for Landfilling". Twelfth International Waste Management and Landfill Symposium. S. Margherita di Pula (Cagliari), Sardinia, Italy 2009, (2009)

Goeschl, R.: "System, technology and experience of 17 Mt of landfill mining projects". Pres., Global landfill mining conference and exhibition, Euro 400, R. McCaffrey (Ed), (2010).

Hansen et al.: "Lavteknologisk genanvendelse af ressourcer i deponeret shredderaffald via størrelsesfraktionering". Miljøprojekt nr. 1440, Miljøstyrelsen 2012

Hermann, R. et al.: "Landfill mining in Austria: Foundations for an integrated ecological and economic assessment". *Waste Manage. Res.*, 32 48-58 (2014).

- Hoekstra, N. K., Groot, H.: "Temporary Storage; A catalyst to enable landfill mining". Proc. 2nd. Int. Academic symposium on ELFM", 14-16 Oct., Greenville, Belgia, (2013).
- Hogland, M. et al.: "Enhanced Landfill Mining: Material recovery, energy utilization and economics in the EU (Directive) perspective", Proc. Inter. Academic Symp. on Enhanced Landfill Mining, Oct. 4-6, Belgium (2010) 209.
- Hogland, M. et al.: "Planning and economic constraints related to a landfill mining project in Norway", in Urban Mining A global cycle approach to resource recovery from solid waste, CISA Publisher, 1.ed., Italy (2012) 363.
- Hogland, W. et al.: "Landfill mining tests in Sweden". Proc. 5. Int. Landfill Symposium, Sardinia, (1995).
- Hull, M. R. et al.: "Composition and characterization of excavated materials from as New Jersey Landfill", J. Environ. Eng., (2005) 478.
- Hyks, J. et al.: "Landfill mining of shredder residues: Lessons learned from a Danish case study Special Issue of Characterizing Anthropogenic Stocks: Methods and Applications". Resources, Conservation & Recycling (2016 unpublished)
- Jarstad, J. et al.: "Low technological biological treatment of source separated waste in a biocelle", Proc. Linneus EcoTech, Nov., (2012).
- Jones, P.: "Landfill Mining: history and current status overview", Proceedings of the Global Landfill Mining Conference 2008, 1.1-1.4, (2008).
- Jones, P. J. et al.: "Enhanced Landfill mining in a view of multiple resource recovery: a critical review". J. Cleaner Prod., 55 (2013) 45.
- Jones, P. J. et al.: Proc. 2nd. Int. Academic symposium on ELFM. 14-16 October 2003, Greenville, Belgia.
- Kaartinen, T. et al.: "Case study on sampling, processing and characterization of landfilled municipal solid waste in view of landfill mining". J. Cleaner Prod., 55 (2013) 56.
- Kaartinen, T. et al.: "Studies on material composition of closed Finnish Landfills – Potential for Landfill Mining?" Proc. 2nd. Int. Academic symposium on ELFM, 14-16 Oct., Greenville, Belgium, (2013).
- Krook, J. et al.: "Landfill mining: A critical review of two decades of research", Waste management, 32 (2012) 513.
- Kurian J. et al.: "Studies on landfill mining at solid waste dumpsites in India". Proceedings Sardinia 2003, Ninth International Waste Management and Landfill Symposium, S. Margherita di Pula, Cagliari, Italy, 06. – 10. October 2003.
- "Landfill Mining in Denmark: experiences and future perspectives". Proceedings International Conference Waste Secondary Raw Materials 5, 4-7 June 2013, Liptovský Jan, Slovakia.
- "Landfill Mining of shredder waste from mono cell – SHERMAN case, Denmark". Third International Symposium on Enhanced Landfill Mining (ELFM III), Lisboa 8-10 February 2016.

"Landfill Mining of shredder waste in Denmark – SHERMAN case AV Miljø Landfill". Global Waste Management Symposium in Palm Springs, California on January 31 – February 3

"Landfill Mining – proces, muligheder, økonomi samt fordele og ulemper". Teknik og Miljø nr. 6-7, juni 2009, side 51-53.

"Landfill Mining - Waste for re-use and incineration with energy recovery - Gerringe Landfill, Denmark". Proceedings Sardinia 2013, 14th International Waste Management and Landfill Symposium S. Margherita di Pula, Cagliari, Italy; 30 September - 4 October 2013 by CISA, Environmental Sanitary Engineering Centre, Italy.

"Landfill reclamation", EPA fact sheet, 530-F-97-001, July (1997).

"Landfill reclamation demonstration project. Perdidi Landfill, Escamba County Neighborhood and Community Services". Innovative waste consulting services, LLC, June 2009.

Law, H. J.: "Sanitary landfill mining – operational interim slope stability aspects". Proc. 14th Int. Waste management and Landfill sym., Sardinia, October 2013.

Lindberg, A.: "Sammanställning av deponiutgrävning 2012-08-28", Vika avfallsanläggning, epost, 20.aug., (2013).

Lokalplan nr. 006 for en kontrolleret losseplads ved Skårup, Skanderborg Kommune, 1979.

Maul, T, Pretz: "Landfill Mining from the processing perspective – a view on mass balance and output streams". Department of Processing and Recycling (I.A.R.), RWTH Aachen University, Proc., Inter. Academic, Symp. ELFM III, Lisboa Belgium, (2016).

Miljøgodkendelse for deponering af affald på Skårup Losseplads, Århus Amt, 1979.

Münnich, K. et al.: "Landfill mining – a contribution to conservation of natural resources?" Proc. 14th Int. Waste management and Landfill sym., Sardinia, Oct., (2013).

Nispel J.: "Ressourcenpotential von Hausmülldeponien am Beispiel der Kreismülldeponie Hechingen". Schriftenreihe zur Bodenkunde, Landeskultur und Landschaftsökologie

Poletti, A. et al.: "State of the art and outlook on management of waste to energy bottom ashes: Treatment". Urban mining. A global cycle approach to resource recovery from solid waste, CISA Publisher, 1.ed., Italy (2012) 259.

Prechthai, T. et al.: "Quality assessment of mined MSW from an open dumpsite for recycling potential". Resources, Conservation and Recycling, 53, 70-78 (2008).

Read, A. D. et al.: "The successful demonstration of aerobic landfilling: The potential for a more sustainable solid waste management approach?", Resources, Conservation and Recycling, 32, 115-146 (2001).

Reclaim website (<http://www.reclaim.gr/>).

«Regjeringens miljøvernpolitikk og rikets miljøtilstand». St.meld. nr.8, 29.okt. (1999).

Rettenberger G.: "Deponierückbau: Technik, Wirtschaftlichkeit, Perspektiven", Deponietechnik, Band 35, Verlag Abfall aktuell, 2010.

Rettenberger G. et al.: "Der Deponiegashaushalt in Abtablagerungen – Leitfaden Deponiegas". Karlsruhe: Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, 1992.

Rich, C. et al.: "The potential for aeration of MSW landfills to accelerate completion", Waste Management, 28 (6), 1039-1048 (2008).

Rosendal, R.: "Danish Experiences on landfill Mining". Linnaeus Eco-Tech, 24.-26. november 2014, Kalmar

Rosendal, R.: Landfill Mining; "Excavating and sorting waste for recycling and incineration with energy recovery – Gerringe Landfill". Proceedings 6th annual conference Enviro-management 2012, 9-11 October, Štrbské Pleso, Slovakia.

Rosendal, R.: "Landfill Mining - Process, Feasibility, Economy, Benefits and Limitations". RenoSam 2009.

Rosendal, R.: "Minedrift på lossepladser". Teknik og Miljø april 2015.

Rosendal, R.: "The economics of landfill mining – focus on the length of the aftercare". Proceedings Sardinia 2015, 15th International Waste Management and Landfill Symposium S. Margherita di Pula, Cagliari, Italy; 5 – 9 October 2015 by CISA Publisher, Italy

Rosendal R.: "The Economics of Landfill Mining Shredder Residue – Focus on the Aftercare". Linnaeus Eco-Tech, 24.-26. november 2014. Kalmar

Rosendal, R., Johnsen, H.: "Udnyttelse af deponeret shredderaffald til genanvendelse og energiudnyttelse". Dansk Affaldsforening maj 2014.

Smolders, R. et al.: "Building an integrated toolbox for the environmental health impact assessment of landfill mining operations". Pres., Inter. Academic, Symp. On enhanced landfill mining, Belgium, (2013).

Smolders, R. et al.: "Building an integrated toolbox for the environmental health impact assessment of landfill mining operations". Proc. 2nd. Int. Academic symposium on ELFM", 14-16 Oct., Greenville, Belgia, (2013).

"Stort potentiale i minedrift på danske lossepladser". Miljøsk – tidsskrift om miljø og samfund, juli 2011, nr. 60. Side 20-22, NOAH.

Tanha, A., Zarate, D.: "Landfill Mining: Prospecting metal in Gärstad landfill". MSc Thesis, Universitet i Linköping, (2012).

Tielemans, Y. and Laevers, P.: "Closing the Circle, an Enhanced Landfill Mining case study". Proceedings of the Enhanced Landfill Mining symposium. 2010.

Udgravning af gammel ukontrolleret losseplads på Klintholm I/S og vurdering af vandindholdet og omsætningen, (Mangler kildeangivelse) august 2015.

Umans, L. et al.: "Mining of waste from an old landfill for reuse or recycling: is it a viable and sustainable opportunity? Trial study of the Zuienkerke location (Flanders)". Proceedings 14th International Waste Management and Landfill Symposium, Sardinia, 2013.

Van der Zee, D. J. et al.: "Assessing the market opportunities of Landfill Mining". *Waste Management*, 24 (8), 795-804 (2004).

Van Gerven, T. et al.: "Mineral carbonation at the K.U.Leuven: a review, in Jones P.T. (ed.)". *Proceedings of the First International Slag Valorisation Symposium*, 6-7 April, Leuven, Belgium 2009, (2009)

Van Ommen H.C.: "Bericht aus den Niederlanden: Erfahrungen der Grontmij Gruppe", *Kommunale Umwelt-Aktion U.A.N., Schriftenreihe Heft 19*, 1994.

van Passel, S. et al.: "The economics of enhanced landfill mining: private and societal performance drivers". *J. Cleaner Prod.*, 55 (2013) 92.

Vejledning i Håndtering af forurenet jord på Sjælland.

(<http://www.regionsjaelland.dk/Miljo/jordforurening/Publikationer/Documents/jordvejledning-sjaelland-juli-2001-med-rettelser.pdf>)

Wille, E. et al.: "Exploring the anthropocene: mapping and surveying of landfills in flanders (belgium)". *Proc. 14th Int. Waste management and Landfill sym.*, Sardinia, Oct., (2013).

Wille, E. et al.: "Mining the Anthropocene in Flanders: Part 1 – Landfill Mining". *ELFM-division, Public Waste Agency of Flanders (OVAM), Mechelen, Belgium, second International Academic Symposium on Enhanced Landfill Mining, Houthalen-Helchteren. 14.-16. October 2013*

Wolfsberger, T. et al.: "Landfill mining: Development of a theoretical method for a preliminary estimate of the raw material potential of landfill sites". *Waste Manage. Res.*, 33 [7] 671-680 (2015).

Wolfsberger, T. et al.: "Landfill Mining – Observation during the excavation, treatment and sampling procedure (progress report)". *Proc., Inter. Academic, Symp. ELFM III, Lisboa Belgium*, (2016).

Zacharof A. and Butler A.: "Landfill Process Modelling Workshop, Stochastic modelling of landfill processes incorporating waste heterogeneity and data uncertainty". *Waste Management* 24 (2004): 241 – 250, 2004.

Zhao Y. et al.: "Recycling of aged refuse from a closed landfill". *Waste Management & Research* 25:130-138, 2007.

Ødegård, K. et al.: "Emisjoner fra kompostanlegg". *RVF Utveckling, Rapport 2005:13, april* (2005).

Bilag 1 Litteraturgennemgang LFM

Litteraturgennemgang af danske og europæiske landfill mining projekter



Final version 01.02.2018
René Møller Rosendal, Danish Waste Solutions ApS

Indholdsfortegnelse

1	Baggrund og formål	3
2	Europæiske netværk	4
2.1	<i>Nationale europæiske netværk</i>	4
2.1.1	ELFM Consortium, Flandern	4
2.2	<i>Fælleseuropæiske netværk</i>	6
2.2.1	EURELCO	6
3	Erfaringsopsamling fra Danmark	9
3.1	<i>Projekt affaldsminimering, Gerringe Miljøanlæg, REFA</i>	9
3.2	<i>SHERMAN, AV Miljø</i>	33
4	Erfaringsopsamling fra udvalgte EU lande	50
4.1	<i>Remo Landfill - Closing the Circle (CtC) (Belgien)</i>	50
4.2	<i>Måsalycke Losseplads (Sverige)</i>	60
4.3	<i>Pohlsche Heide "TönsLM projektet" (Tyskland)</i>	66
4.4	<i>Pilot Region Styria (Østrig)</i>	68
4.5	<i>Kuopio, Lohja, Kujala og Ämmässuo lossepladser (Finland)</i>	79
4.6	<i>Kudjape Landfill, Saaremaa Island (Estland)</i>	88

1 Baggrund og formål

I nærværende litteraturstudie præsenteres og beskrives de eksisterende danske og europæiske erfaringer, som er fundet, primært ved en gennemgang af eksisterende litteratur (artikler, rapporter og lign.) og via de netværk og arbejdsgrupper, som er dannet rundt om i Europa, nationalt samt i fælleseuropæisk regi.

Formålet er, at beskrive "State of the Art" inden for Landfill Mining (LFM), herunder relevante beskrivelser af forundersøgelser, opgravning, sorteringsteknikker mv., samt oplysninger med hensyn til afsætning, økonomi, miljøforhold og arbejdsmiljø.

2 Europæiske netværk

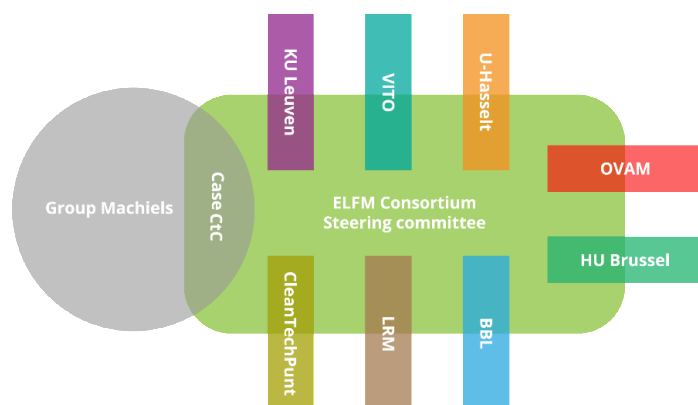
2.1 Nationale europæiske netværk

I øjeblikket er der alene oprettet et nationalt netværk i Flandern, og de kan på nuværende tidspunkt betragtes, som dem der er længst fremme med at implementere Landfill Mining i deres lovgivning, og udvikle en egentlig landfill Mining policy.

2.1.1 ELFM Consortium, Flandern

I 2008 blev det første nationale ELFM (Enhanced Landfill Mining) konsortium etableret i Flandern, Belgien. Konsortiet bestod af en bred vifte af aktører med forskellige interesser og ekspertiser.

Formålet var, at undersøge de potentielle muligheder for at udvikle begrebet Landfill Mining (ELFM) og integrere deponering i en mere bæredygtig kontekst i forhold til den nuværende affaldshåndtering. Konsortiet bestod af eksperter fra forskellige virksomheder, universiteter og styrelser som f.eks. VITO, KU Leuven, U-Hasselt, HU Brussel, Group Machiels, LRM og OVAM.



Figur 2.1: Organisationsdiagram ELFM Consortium (OVAM)

Closing the Circle-projektet (CtC), Group Machiels er den første case hvor ELFM konsortiet i samarbejde har fået til opgave, at undersøge muligheder og barrierer for landfill mining på REMO lossepladsen i Houthalen-Helchteren.

Den første opgave for konsortiet var, at implementere en løsning til midlertidig opbevaring (temporary Storage) af indkommende affaldsstrømme i specialceller, i forhold til deres senere udnyttelse/genanvendelse i CtC-projektet. Dernæst skal opbygges et stort plasma demonstrationsanlæg til at håndtere og dokumentere landfill mining potentialet som gamle deponeringsanlæg indeholder, og for at sikre en vellykket opskalering fra innovative teknologier til industriel skala.

Det er målet, at man på sigt vil projektere et fuldskalaanlæg, hvor mere end 16 millioner tons

deponeret affald vil blive genanvendt og omdannet til nye materialer og energi, samtidig med at hele området gradvist vil blive genoprettet til et rekreativt naturområde over en 20-årig periode.

Plasma demonstrationsanlægget skal vha. en plasmaforgasning teknologi, producere en miljøvenlig energi (syngas) som består af metan, hydrogen og flydende brændstoffer, samt genanvende restproduktet (plasmarock) til indbygning i nye byggematerialer. Derudover skal det dokumenteres, hvordan landfil mining kan være med til at skabe en forbedret udnyttelse af materialer og energi af tidligere deponeret affald.

Sideløbende med ELFM konsortiet, som er mere forskningsbaseret, arbejder Group Machiels på, at etablere et industrielt konsortium til at realisere CtC projekt i fuldskala. Målet er, at finde den nødvendige (med)finansiering og de rette samarbejdspartnere, som kan indgå aktivt i projektet. Konsortiet vil bestå af et begrænset antal partnere, som hver især vil være ansvarlig for design, konstruktion og levering af deres del af anlægget.

I Flandern har man de seneste år arbejdet med bæredygtig udvikling og optimering af affald som ressourcer. Det blev politisk vurderet, at de aktive og tidligere lossepladser skulle indgå i denne politik, og i 2011 godkendte regeringen et ELFM-program som skulle gennemføres i perioden 2011-2015.

ELFM – Enhanced Landfill Mining (*forbedret landfill mining*) er defineret som en sikker, udgravning og integreret oparbejdning af tidligere deponeret affald til nye materialer og energi, hvor der gøres brug af teknologier, der respekterer de strengeste sociale og miljømæssige kriterier.

En trinvis fremgangsmåde i tre trin (kortlægning, undersøgelse og landfill mining) blev udviklet for at undersøge mulighederne for ELFM. Det vigtigste mål for dette forskningsprogram er udviklingen af en samlet politik som beskæftiger sig med spørgsmålet om ca. 2.000 gamle lossepladser i Flandern. Der arbejdes med et bredere begreb mod en bæredygtig håndtering af tidligere lossepladser med 4 mål:

- Genanvendelse af affald
- Udnyttelse af energi
- Landindvinding og
- Bevarelse af drikkevandsforsyning (R3P)

Den overordnede udfordring er at vende en trussel til et aktiv for de 2.000 gamle lossepladser i Flandern. En af de første resultater har været udarbejdelsen af FLAMINCO modellen, som er et beslutningsværktøj (database), som kan bruges til at udvælge hvilke lossepladser der skal prioriteres først. FLAMINCO står for **F**landern **L**andfill **M**ining, **C**hallenges and **O**pportunities. Ved hjælp af FLAMINCO sker en kategorisering af lossepladserne ifht. deres ELFM-potentiale og miljømæssige prioriteringer. Til dette blev et pointsystem udviklet for hvert mål og hvert kriterium, efter følgende kriterier:

- Typen af losseplads
- Alder og deponerings tidspunktet

- Mængden af materialer
- Placeringen af lossepladsen ifht. den nuværende arealanvendelse
- Afstanden fra lossepladsen til behandlings- og sorteringsfaciliteter
- Behovet for oprensning af forurening

De forskellige lossepladser er yderligere vægtet i forhold til de forskellige ELFM aspekter: affald til materialer (WTM), affald til energi (WTE), affald til jord (WTL) og Resource Management-mellemlager (RM). Databasen bliver yderligere suppleret med yderligere undersøgelser for at forfine ELFM-konceptet. I en senere fase undersøges lossepladserne med de største potentialer inden der evt. vil ske en opgravning og udnyttelse af ressourcerne i forbindelse med en række pilotprojekter. Oprettelsen af ELFM Konsortiet Flandern, blev senere hen startskuddet til EURELCO. De samme initiativtagere tog i oktober 2013 initiativ til at danne et EU ELFM Consortium. Forud for ELFM II konferencen i Greenville, Houthalen-Helchteren, Belgien, blev en række europæiske interessenter inviteret til drøftelser vedrørende dannelsen af i EU-netværk. Diskussionerne blev formaliseret i december 2013 og i foråret 2014 blev EU ELFM Consortium officielt en realitet under navnet EURELCO.

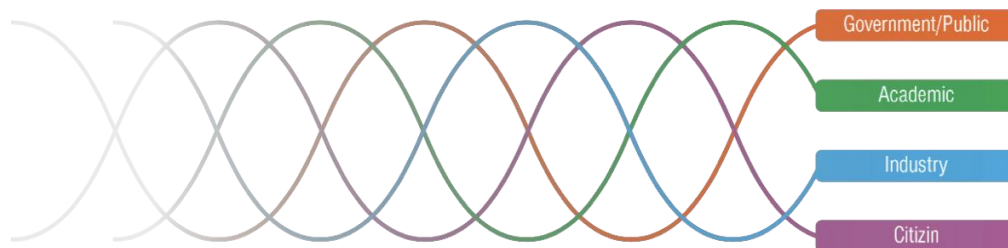
2.2 Fælleseuropæiske netværk

2.2.1 EURELCO

I marts 2014 blev det fælleseuropæiske netværk European Enhanced Landfill Mining Consortium "EURELCO" dannet. EURELCO er et åbent europæisk netværk, der arbejder for at udbrede Landfill Mining som en anerkendt metode. Netværket er et såkaldt Quadruple Helix netværk med medlemmer bestående af myndigheder, virksomheder, borgere, brancheorganisationer og universiteter.

EURELCO arbejder for at fremme innovation inden for teknologi, lovgivningsmæssige aspekter, sociale og økonomiske forhold samt miljømæssige og organisatoriske forhold indenfor LFM. Målet er, at landfill mining i 2020 vil være i brug over hele EU, og det vil være en vigtig bestanddel af en ressourceeffektiv, cirkulær og klimavenlig økonomi. Hermed sikres det, at EU's 150.000-500.000 lossepladser i fremtiden bliver en kilde til en væsentlig del af Europas fremtidige materiale-, energi- og arealbehov.

I øjeblikket er der 58 medlemmer repræsenteret fra 13 forskellige EU-lande (pr. 1 oktober 2016). Alle interessenter, der ønsker det, kan deltage og blive officielle medlemmer i netværket, mod et indmeldelseskontingent.

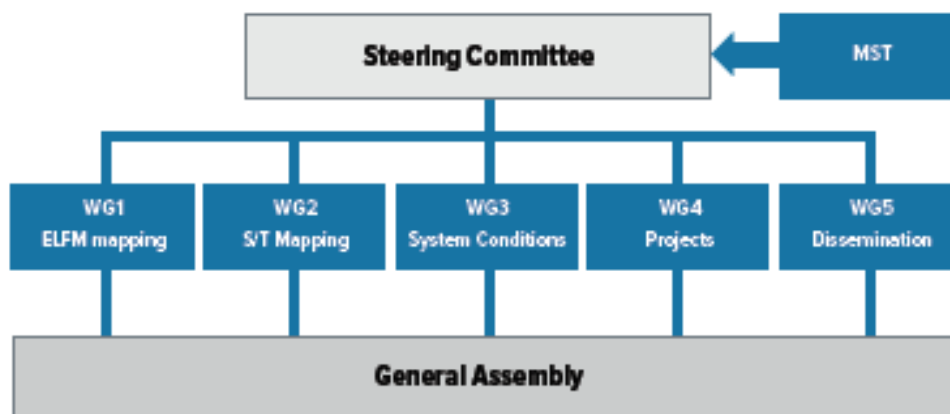


Figur 2.2: Quadruple helix model (eurelco.org)

EURELCO arbejder med følgende emner:

- Kortlægning og vidensdeling vedrørende landfil mining projekter og programmer i EU's medlemslande.
- Udvikling af LFM-teknologier.
- Udvikling og promovering af landfil mining både traditionel genanvendelse og nye genanvendelseskoncepter og -metoder.
- Opfølgning og fremme af forskning og teknologisk innovation inden for undersøgelse, opgravning, sortering/nyttiggørelse samt oparbejdning/genanvendelse med henblik på at forbedre ressourceeffektiviteten.
- Analyser af lovgivning både nationalt og på EU-niveau hvad angår deponering og affalds-/materialehåndtering.
- Udarbejdelse af retningslinjer for forbedrede lovmæssige rammevilkår (revision af EU's affaldshierarki) samt økonomiske incitamenter, der modsvarer de forventede fordele af landfil mining for samfundet.
- Udvikling og anvendelse af videnskabeligt funderede metoder til at evaluere landfil mining med hensyn til samfundsmæssige, miljømæssige og økonomiske påvirkninger set både i et lokalt, regionalt og globalt perspektiv.
- Udvikling og gennemførelse af fælles landfil mining forsknings-, demonstrations- og koordineringsprojekter.
- Formidling af de teknologiske og ikke-teknologiske aspekter ved landfil mining.

Organisationen er beskrevet ved følgende:



Figur 2.3: EURELCO organisationsdiagram (eurelco.org)

- Styregruppe med en formand samt 1 udpeget nationalt medlem pr. deltagende EU-land.
- Sekretariat (MST)
- Fem arbejdsgrupper, der hver har to arbejdsgruppeledere
- Generalforsamling

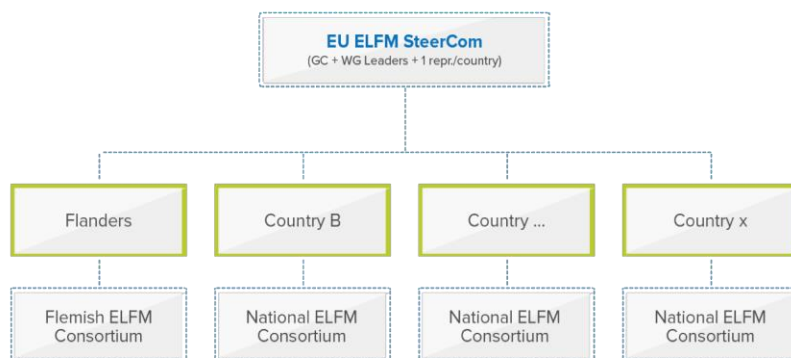
Den nedsatte styregruppe er valgt af generalforsamlingen for 1 år af gangen. Der er udpeget en formand for styregruppen og de to arbejdsgruppeledere fra hver arbejdsgruppe er fødte

medlemmer af styregruppen. Desuden besættes styregruppen af et medlem fra hvert betalende medlemsland, så alle er repræsenteret. Det er i styregruppen hvor de vigtigste beslutninger tages, og der afholdes telefonmøder hver anden måned samt 1-2 fysiske møder. Manage Support Team (MST) fungerer som sekretariatsfunktion for styregruppen og tager sig at medlemskab, drift og økonomi herunder kontingentopkrævning.

I arbejdsgrupperne arbejdes med forskellige opgaver f.eks.:

- WG 1 - kortlægning af og indsamling af eksisterende landfil mining projekter på EU samt nationalt niveau
- WG 2 - Beskrivelse og indhentning af forskning og metodikker indenfor landfil mining
- WG 3 - Juridiske og lovgivningsmæssige barrierer på EU samt nationalt niveau
- WG 4 - Koordinering af fælles EU-projekter og -ansøgninger
- WG 5 - Kommunikation

Et af målene i EURELCO er, at alle medlemslandene på sigt opretter nationale konsortier, som man har set det i Flandern, men som ingen af de øvrige lande endnu har taget tiltag til.



Figur 2.4: EU ELFM Consortium Organisationsdiagram (eurelco.org)

3 Erfaringsopsamling fra Danmark

3.1 Projekt affaldsminimering, Gerringe Miljøanlæg, REFA

Affaldsselskabet REFA ansøgte i oktober 2010 Lolland Kommune om miljøgodkendelse til at gennemføre ”Projekt Affaldsminimering på Miljøcenter Gerringe”.

Projektets formål var, at udgrave og udsortere brændbart affald og andet genanvendeligt affald fra deponeringsanlægget.

Ansøgningen skulle ses i det lys, at der i Danmark på det tidspunkt var mangel på forbrændingseget affald til de danske forbrændingsanlæg. Det var hensigten, at der via projektet kunne udgraves ca. 10.000 tons forbrændingseget affald som kunne brændes på REFAs kraftvarmeværk i Nykøbing F.

Der var hidtil ikke foretaget en sådan udgravning og nyttiggørelse af tidligere deponeret affald i Danmark. Projektet repræsenterede derfor noget nyt og erfaringer fra Danmark såvel udlandet var meget begrænsede. Miljøgodkendelsen bar således i høj grad præg af manglende erfaringer fra tidligere projekter, og der blev derfor opstillet en lang række vilkår og krav som REFA skulle efterleve under og efter projektet.

Miljøgodkendelsen blev meddelt 1. februar 2011 med vilkår om undersøgelser og evt. nødvendige foranstaltninger mht. deponigas (metan), og der blev stillet vilkår om foranstaltninger for at undgå eller minimere spredning af lette affaldsemner, støvgener og evt. lugt fra udgravningen, sortering, midlertidigt oplag og håndtering af de forskellige affaldsfraktioner.

Miljøgodkendelsen indeholdt krav om at REFA, skulle udarbejde driftsinstruks for projektets aktiviteter og krav om, at der skal løbende blev ført driftsjournal, der dokumenterede at aktiviteterne blev gennemført miljømæssigt forsvarligt.

Miljøcenter Gerringe havde i den gældende miljøgodkendelse en række vilkår, der samtidig skulle overholdes, mens Projekt Affaldsminimering gennemføres. Bl.a. skulle anlæggets samlede drift overholde de gældende støjgrænser.

Det blev vurderet at projektet kunne gennemføres miljømæssigt forsvarligt under overholdelse af de anførte vilkår om bl.a. monitoring, afværgeforanstaltninger samt anlæggets egenkontrol blev efterfulgt.

Faseopdeling og evaluering af projektet

Fra centralt hold blev det besluttet, at projektet skulle opdeles i 2 faser:

- Fase 1 omfatter gravefelt 1+2
- Fase 2 omfatter gravefelt 3+4

Fase 1 - skulle forløbe over halvandet år og være afsluttet, evalueret og afrapporteret senest 1. september 2012. Evalueringen og evalueringsrapportens hovedformål var at vurdere projektforløbet i lys af de vilkår der gjaldt for projektet. Som en afgørende del indgik her i evt.

forslag fra REFA. Tilsynsmyndigheden skulle herefter foretage en efterfølgende revision som de fandt miljømæssigt begrundet og meddele påbud (ændringer).

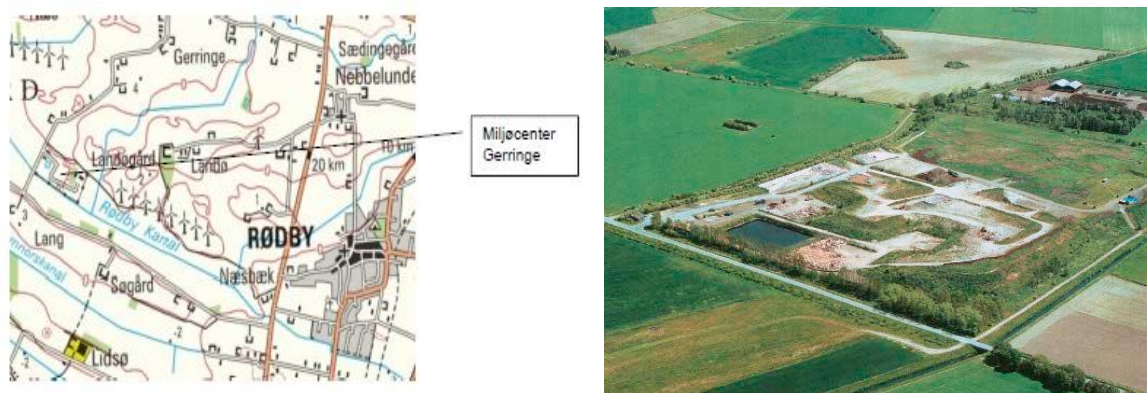
(Fase 2 - omfatter gennemførelse indtil afslutning af projektet. Ved projektets afslutning skulle REFA tilsvarende foretage en evaluering af projektets fase 2 af det samlede projekt. Hovedfokus for evalueringen var miljøbeskyttelsen, og forslag fra REFA til hensigtsmæssig miljøregulering af tilsvarende aktiviteter kunne indgå i evalueringen, der senest 1. september 2015 skulle være sendt og afrapporteret til tilsyns- og godkendelsesmyndigheden.

Det vurderes, at der kunne være en national interesse for projektet – hos centrale miljømyndigheder med hensyn til hvordan miljøbeskyttelsen er blevet sikret forsvarligt gennem projektet, og hvilke forhold der evt. kræver særlig opmærksomhed ved lignende, fremtidige projekter.

Det blev antaget, at den danske affaldsbranche i almindelighed og affaldsdeponerings- og -forbrændingsbranchen i særdeleshed kunne have en forventning om en beskrivelse/rapportering af projektet, når det er gennemført. Ikke mindst når evalueringer og rapporter, som blev udfærdiget af en engageret og kompetent rådgiver, hvor ikke kun teknik og rentabilitet fremgik, men også erfaringerne med at sikre miljøbeskyttelsen var beskrevet.

Lokalisering

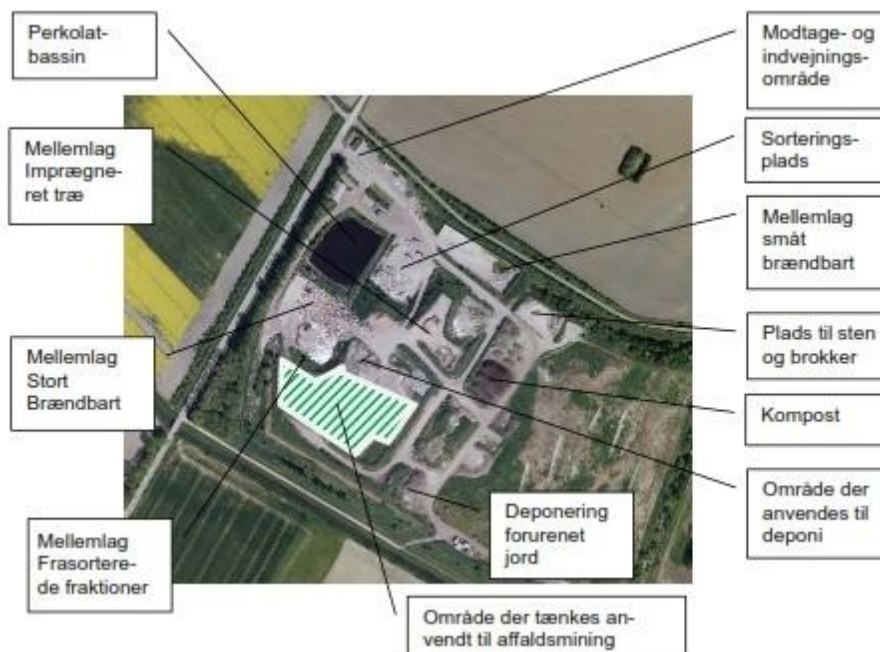
Gerringe Miljøanlæg er beliggende på inddæmmet område i Rødby Fjord. Der er drevet losseplads på arealet siden december 1973. Anlægget er opbygget på en meget tyk naturlig lermembran og en medindbygget vertikal lermembran omkring hele pladsen. Der er derfor tale om et helt lukket system. Der er opsamlingsdræn på indersiden af den vertikale lermembran, men ikke dræn i bunden af pladsen. Der var derved ingen risiko for at komme til at beskadige underliggende dræn i forbindelse med opgravningsarbejdet. (



Figur 3.1: Anlæggets placering

Beskrivelse af projektet (udgravningerne)

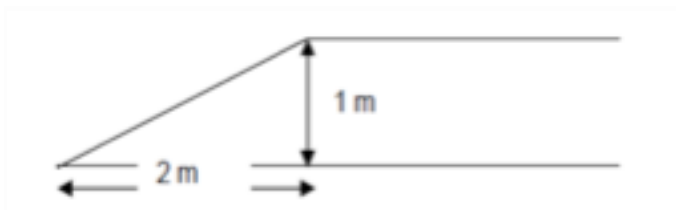
Aktiviteten der blev ansøgt om foregik på Miljøcenter Gerringe som er indrettet som vist på figur 3.2.



Figur 3.2: Indretning af Gerringe Miljøanlæg

Pladsen er opdelt i celler med hver sin aktivitet, mellemoplag for brændbart, sorteringsplads, mellemoplag af imprægneret træ og perkolatbassin tillige med modtagelses- og indvejningsområde.

Der blev påtænkt gravet ca. 6 m ned fra den aktuelle topkote (området ligger i et plateau på ca. 9 – 10 m), og udgravningen ville foregå med sider/skrænter med anlæg 1:2, som vist på figur 3.3, for at minimere sammenstyrtning/sætninger.



Figur 3.3: Skitse af udgravningen anlæg 1:2

Området tænkes udgravet i plateauer, hvor der graves 1,5-2 m ned af gangen i gravefelterne.

6 m ned i depotet kommer et lag med gammel dagrenovation, hvilket ikke blev ønsket afgravet. Dette betød at den forventede "slutkote" ville være ca. 4 m, så udgravningen ville ikke komme i nærheden af bunden på deponiet.

Tidligere foretog man ikke så grundig affaldssortering som i dag, og REFA har tidligere ved en mindre forsøgsudgravning konstateret, at der er et potentiale for indvinding af betydelige mængder brændbart affald og genanvendelige materialer i deponiet.

Området der ønskes ”udvundet” var pladsens sydvestlige hjørne. Området inddeles i gravefelter, hvor der ønskes gravet ned til ca. 6 m dybde. Opgravningsområdet tænkes disponeret, som vist på figur 3.4, hvor der opdeles i 4 gravefelter (i alt ca. 6.000 m²).



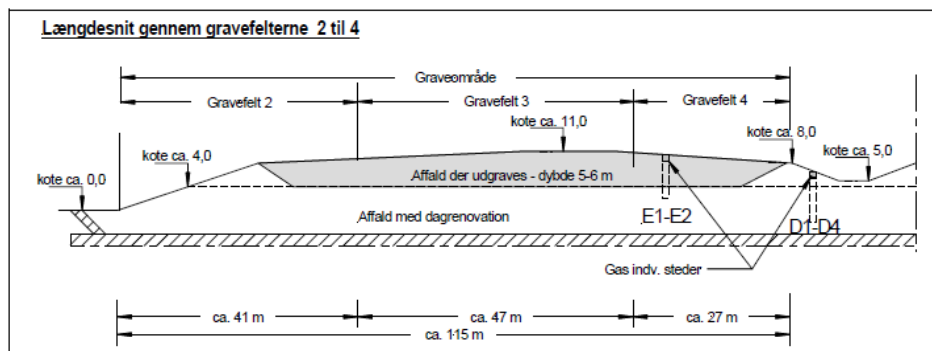
Figur 3.4: Opgravningsfelterne (1-4)

Der tænkes påbegyndt opgravning fra det blå felt og ind i depotet, hvor det opgravede affald lægges fra det ene felt til det andet, så der kommer et ”hul” i opgravningsfeltet, hvor jord og andet deponeringseget tilbagefyldes. Jord og andet deponeringseget affald fra det første gravefelt vil blive lagt på det tidligere depot for PVC, indtil der bliver et ”hul” i gravefeltet, hvor jord og andet deponeringseget kan lægges tilbage (RenoSam 2012).

Udgravningsfelterne har følgende volumen, som vist i tabel 3.1:

Tabel 3.1: Udgravningsfelterne med angivet volumen 1-4

Felt 1	Felt 2	Felt 3	Felt 4
3.700 m ³	10.340 m ³	16.280 m ³	5.400 m ³



Figur 3.5: Tværsnit gennem gravefeltet 2 til 4

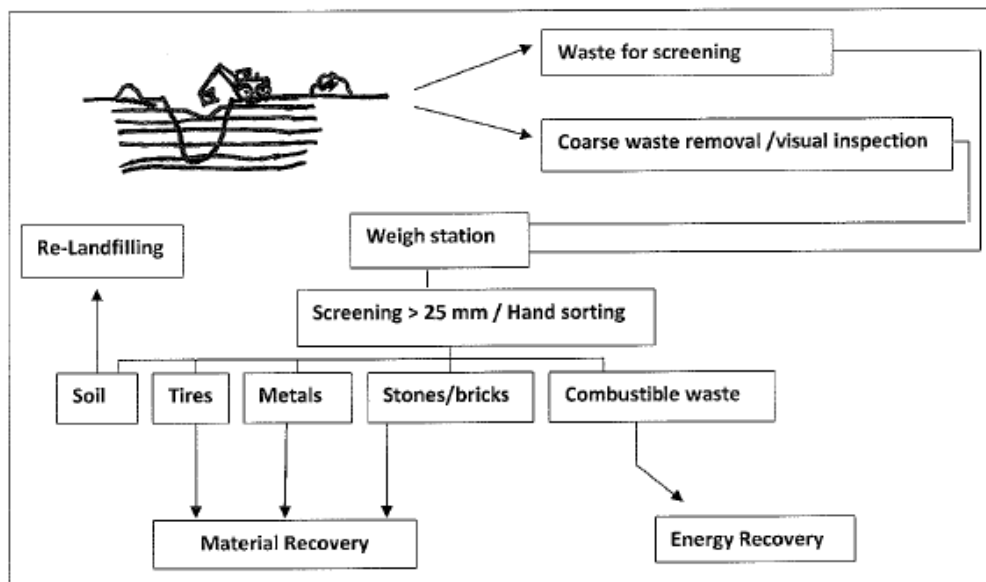
Opgravningsplanen skulle revideres, når aktiviteten havde kørt et stykke tid, da det fra starten var lidt uvist hvordan opgravningen ville forløbe, når der er gravet 1-2 m ned i affaldet.

Det var hensigten, at der udgraves ca. 200 m³ pr dag. Opgravet affald skulle transporteres ned og sorteres i et maskinelt sorteringsanlæg (tromlesold Ø 25 mm af typen tilsvarende Neuson TS7020) umiddelbart nedenfor gravefelterne.



Figur 3.6: Neuson-tromlesold (neuson-ecotec.com)

Figur 3.7 og 3.8 viser opgravnings- samt flowdiagram af processen (RenoSam 2012).



Figur 3.7: Opgravningsprocessen



Figur 3.8: Flowdiagram af processen (RenoSam 2012).) Affaldet blev sorteret i flg. fraktioner:

- Brændbart affald
- Jern/metal
- Stenfyld
- Brokker
- Dæk
- Deponeringsrest (jord, isolering og glasskår) som tilbageføres til deponiet

Det brændbare affald køres til forbrænding på forbrændingsanlægget i Nykøbing F. Jern og metal sælges og køres til skrothandler. Sten oplagres på anlægget med henblik på videresalg til genbrug. Brokker og beton vil blive nedknust på anlægget med henblik på videresalg til genbrug. Restaffaldet, der primært består af jord med iblandet små affaldsstumper af plast, glas, gummi m.m., bliver (gen)deponeret på de udgravede felter (RenoSam 2012).

Det vurderes til ca. 50-100 tons på mellemlager. Der kan dog være behov for mellemlager fra dag til dag, herunder større oplag henover weekenden på op til 200 m³. De udsorterede fraktioner tilstræbes at henligge i midlertidige oplag så kort tid som muligt, og forventningen var op til max. en uge (RenoSam 2012).

Oplagene lægges neden for voldene ved depot for stort brændbart, og det blev ikke vurderet, at dette vil give anledning til forurening i form af spredning af lette affaldstyper, støv og lignende.

Tidligere prøvegravninger viste, at affaldet er let fugtigt, hvorfor det ikke vurderes at give anledning til støvproblemer. Der var ingen lugtgener i forbindelse med prøvegravningen, så derfor vurderes processen ikke at give emissioner i form af lugtgener.

REFA har i deres miljøkortlægning for anlægget kortlagt risiko for brand og spild af hydraulikolie fra maskinerne samt driftsuheld. Håndtering af brand og spild blev beskrevet i anlæggets driftsinstruks.

Der var ikke planlagt rengøring af restfraktioner på Gerringe. Udsorterede fraktioner vil blive bragt til godkendte modtageanlæg for yderligere udsortering, hvis dette var nødvendigt.

Sammenblanding af affaldsfraktioner skulle undgås. De udsorterede fraktioner skulle holdes adskilt på arealet ved siden af sorteringsværket. Ved læsning var maskinføreren instrueret i, ikke at "skrabe" helt i bund. Hvis det viste sig at være et problem, kunne der evt. udlægges et antal jernplader, som de udsorterede fraktioner kunne ligge på. REFA var ikke interesseret i at "kontaminere" de udsorterede fraktioner (RenoSam 2012).

Det vurderes ikke, at "driftsstop" vil give anledning forøget forurening, hvis der tænkes på, at driftsstop er når sorterværket havarerer. Så stoppes aktiviteten indtil det igen er kørende. De fraktioner der måtte ligge i mellemdepot vil blive ekspederet videre, og det der måtte ligge tilbage fra en opgravning vurderes ikke at give anledning til forurening af omgivelserne. Det vil ikke være store mængder, og det er fugtigt, når det er gravet op. Oplaget vil ikke "opføre" sig anderledes, end det der i dag ligger på mellemlager af stort og små brændbart (RenoSam 2012).

REFA planlagde at afsætte de sorterede materialer til godkendte behandlingsanlæg inden for dissens godkendelse. I det bortskaffelsen sker løbende, så vil et evt. svigt i afsætningen betyde at opgravningen standses (RenoSam 2012).

Efter afslutning vil arealerne blive efterladt med skrå skrænter og et større vandret, plant areal, antageligt i ca. kote 6, som REFA evt. kan tage i brug til den fremtidige deponering af nyt blandet affald (RenoSam 2012).

Forsøgsudgravning - Hasselø Nor Miljøcenter

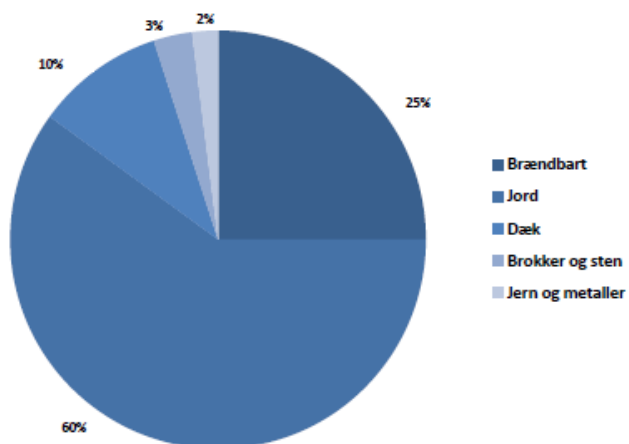
I foråret 2010 blev der på REFAs Miljøcenter Hasselø Nor, gennemført en række mindre forsøgsudgravninger. Formålet var at vurdere et evt. potentialet ved en større udgravning af deponiet.

REFA indgik i 2010 en aftale med entreprenørfirma DeNova. Entreprenøren modtog 475 kr. pr ton affald (afgiftsrefusion) som blev udvejet på miljøcentret og de materialer som kunne genanvendes/sælges kunne entreprenøren beholde.

Alt affald der blev udgravet blev transporteret til DeNova i Frederiksværk til sortering, og det forbrændingsegnede affald samt jord til gendeponering blev kørt retur til REFA. Der blev givet et transporttilskud fra REFA på 25 kr. pr. tons brændbart affald som blev afleveret i silo.

Resultaterne af forsøgsudgravningen viste følgende affaldssammensætning:

- 25 % Brændbart
- 60 % Jord
- 10% Dæk
- % Brokker og sten
- 2 % jern og metaller



Figur 3.9: Resultater fra forsøgsudgravninger Hasselø Nor (RenoSam 2012).

På figur 3.10-3.11 kan ses billeder af de forskellige fraktioner



Figur 3.10: Fraktionerne brændbart affald samt jern og metal



Figur 3.11: Fraktionerne brokker og sten samt jord

Selvom forsøgsudgravningerne blev foretaget på Miljøcenter Hasselø Nor, valgte REFA at ansøge om at foretage den endelige udgravning på Miljøcenter Gerringe. Grunden til dette skyldtes, at der på Hasselø Nor ikke har været deponeret asbest separat, som det er tilfældet på Miljøcenter Gerringe.

Det var REFAs forventning, at affaldssammensætningen på de to anlæg ville være meget ensartet med ubetydelige forskelle (RenoSam 2012).

Udgravning af Miljøcenter Gerringe – gravefelt 1

Arbejdet med udgravningen startede i februar 2011, og der blev gravet løbende hen til september 2011.

Der blev indgået aftale med den samme entreprenør, men erfaringerne fra udgravningerne på Hasselø Nor gjorde, at man flyttede sorteringsfaciliteterne til Gerringe (on-site) – fremfor at køre alt affaldet til Frederiksværk – da man fra entreprenørens side vurderede, at dette var et væsentligt fordyrende mellemlid.

Til selve udgravningen er brugt følgende indlejet materiel:

Gravemaskine og sorterergrab Rundsorterer med magnetseparator 1-3 personer til håndsortering (afhængigt af potentialet ved udgravningen)

Aftalen, som blev indgået med entreprenøren var at de gravede gratis mod at entreprenøren modtog refusionen af hele statsafgiften på 475 kr. pr. tons, samt provenuet ved salg af genanvendelige materialer. Desuden fik entreprenøren fik 104 kr. pr tons som blev udsorteret til forbrænding.

Transporten fra miljøanlægget til forbrændingsanlægget blev indgået med Marius Pedersen A/S.

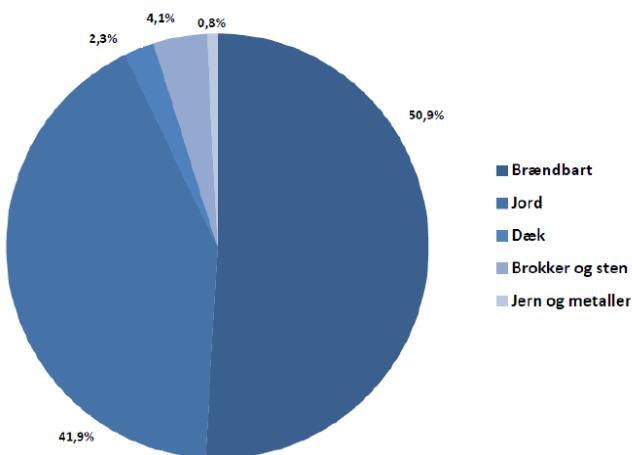
I nedenstående tabel 3.2 kan ses et uddrag af den driftsjournal, og den viser hvilke affaldsfraktioner der er udvejet på hvilke tidspunkter (RenoSam 2012).

Tabel 3.2: Uddrag af driftsjournal

Affaldsmængder Gerringe						
Dato	Jord Gendeponeret (ton)	Småt brændbart (ton)	Stenfyld (ton)	Dæk (ton)	Jern (ton)	Kommentarer
18/3		118,8				
01/4		300,3				
13/4		240,7				
14/4		86				
26/5		422,2				
27/5		229,4				
5/9		57	65,7	39	21,2	Projektet er stoppet
19/9				28		
20/9				25,8		
21/9	1200			24,9		
Total	1200	1425,3	65,7	117,7	21,2	

Resultaterne af udgravningen viste følgende affaldssammensætning:

- 50,9 % Brændbart
- 41,9 % Jord
- 4,1 % Dæk
- 2,3 % Brokker og sten
- 0,8 % jern og metaller



Figur 3.12: Resultater fra udgravningen, Gerringe Miljøanlæg.

Den oprindelige plan var en større udgravning, men da REFA i 2011 indgik en aftale med et affaldsselskab i Rostock i Tyskland om at importere 30.000 tons forbrændingseget affald årligt valgte man i september 2011 at stoppe udgravningerne allerede under Fase 1. (I det efterfølgende beskrives de erfaringer der er gjort i forbindelse med gennemførelse af projektet.

Vurdering af miljøbeskyttende foranstaltninger

Det vurderes ikke, at projektet forventes at have nævneværdig indflydelse på forhold vedr. perkolat, recipient eller grundvand, og er derfor dækket af deponeringsanlæggets gældende miljøgodkendelse der stiller vilkår til kontrol af perkolat, recipientmonitoring og grundvandsmonitoring.

Det har dog været vurderet, at der har været behov for et sæt af separate egenkontrolvilkår, der omfatter samtlige aktiviteter i projektet, med fokus på de miljøpåvirkninger, de kan være forbundet med (RenoSam 2012).

Driftsinstruks

REFA har udarbejdet en særskilt driftsinstruks, der beskriver arbejdsgangene i projektets enkelte delprocesser og miljøbeskyttende foranstaltninger knyttet til de enkelte delprocesser, eller et sæt af driftsinstrukser, der dækker alle væsentlige aktiviteter der indgik i Projekt Affaldsminimering.

Driftsinstruksen skal omfatte aktiviteterne:

- Håndtering af deponigas, herunder:
 - Overvågning under udgravning for varme og røgudvikling
 - Andre foranstaltninger for at sikre personale mod eksponering for deponigas
 - Måling for gasemission efter udgravning og gendeponering
 - Foranstaltninger for at afværge miljømæssigt uacceptabel gasemission
- Udgravning
- Sortering
- Håndtering af (omlæsning, oplægning i midlertidigt oplag) flg. affaldsfraktioner:
 - Usorteret affald
 - Forbrændingsegnet affald
 - Jern og metal
 - Brokker og beton
 - Deponeringsegnet blandet restaffald/herunder jord
 - Andet affald, herunder dæk
 - Farligt affald, herunder asbestaffald, imprægneret træ mv.
- Afdækning af affaldsfraktioner for at undgå spredning af lette affaldsemner, støv og lugt
- Etablering/udbygning af vejnet til intern transport.
- Gendeponering af restaffald
- Etablering/udbygning af vejnet til intern transport
- Vejning af samtlige nævnte fraktioner
- Gendeponering af restaffald

Ligeledes blev der udarbejdet en særskilt driftsinstruks der beskriver de forebyggende og afhjælpende foranstaltninger, der skulle udføres i forbindelse med væsentlige uheld og driftsforstyrrelser. Herunder uventet gasemission med risiko for personale, varmeudvikling, røgudvikling, brand, samt driftsforstyrrelser i forbindelse med maskinstop og vejrforhold, der kunne give anledning til standsning og væsentlige driftsproblemer i øvrigt.

Driftsjournal

Der ud over blev der stillet vilkår om at der i projektets løbetid skulle føres særskilt driftsjournal der dækkede projektet. Driftsjournalen skulle løbende registrere og dokumentere at driftsinstrukserne blev fulgt, og at de miljøbeskyttende foranstaltninger sættes i værk når det var nødvendigt.

Ansøgningen nævner at al bortkørt affald vejes og registreres iht. til gældende egenkontrollvilkår i Miljøcenter Gerringes miljøgodkendelse.

Det vurderes at der i egenkontrollen for selve projektet skulle foretages en løbende registrering (vejning) af alt affald, der specifikt hidrører fra projektets aktiviteter. I Vilkårene for egenkontrollen indgik krav om, at der løbende foregik registrering af mængderne af de forskellige affaldsfraktioner, der blev bortkørt fra anlægget og de mængder der blev gendeponeret. Dvs. at der, ud over at alt affald der til og frakørtes deponeringsanlægget registreres, også de affaldsmængder der produceredes fra projektet.

Det vurderes at det af vilkår om driftsjournal skulle fremgå, at den praktiske udformning aftales med tilsynsmyndigheden, herunder hvilke forhold der mest hensigtsmæssigt blev registreret i REFAs edb-systemer og hvilke forhold der evt. blev registreret på anden måde, hvilke udtræk der skulle være mulighed for at tilvejebringe og evt. hvilken form sådanne udtræk/rapporter skulle have.

Det vurderes også at det fremgår af vilkåret at driftsjournalen skulle være tilgængelig for tilsynsmyndigheden, dvs. driftsjournalens registreringer skulle på tilsynsmyndighedens forlangende fremvises, f.eks. i forbindelse med tilsyn, eller tilsendes tilsynsmyndigheden. Det skulle fremgå at tilsynsmyndigheden kunne forlange at se eller få tilsendt dele af driftsjournalen, f.eks. dækkende udvalgte tidsrum eller udvalgte forhold.

Driftsjournalen skal indeholde registreringer der dokumenterer at driftsinstruksen følges og som minimum flg.:

- Registreringer vedr. deponigas, gennemførte forebyggende foranstaltninger
- Registreringer af overvågningen for varme og røgudvikling
- Registreringer af gennemførte målinger efter udlæg af gendeponering
- Registrering af gennemførte foranstaltninger for at afværge emission af deponigas
- Daglige registreringer af udgravede, håndterede, sorteret og midlertidigt oplagte (mængder (mængder angivet i skønnet antal m³))

Der skal for hver aktiv arbejdsdag afsluttes med status for oplag af de forskellige fraktioner, samt status for samlet oplag på arealet omfattet af vilkår 3 (mængde angivet som skønnet antal m³) (daglig) registrering af samtlige bortkørte og gendeponerede affaldsmængder (mængder angivet spm antal tons på grundlag af vejedata).

Det skal markeres hvis man tangerer eller overskrider de grænser for maks. oplag der er fastsat. Daglig registrering af de afværgeforanstaltninger der foretages for at undgå eller minimere spredning af lette affaldsemner, støvemission og lugt fra midlertidige affaldsoplag relateret til Projekt Affaldsminimering samt fra udgravningsarealer, sorteringsanlæg, ved læsning/omlæsning og oplægning af samtlige relevante affaldsfraktioner. (Løbende (evt.

ugentlig/månedlig) registrering af samtlige foranstaltninger for at håndtere, oplagre og evt. bortskaffe dæk

Løbende registreringer af samtlige foranstaltninger blev foretaget for at håndtere, oplagre, sikre og forsvarligt emballere og bortskaffe farligt affald, der er fremkommet som led i Projekt Affaldsminimering.

Affaldskarakterisering: Krav til føring af driftsjournal / registrering, herunder løbende evt. daglig registrering som led i affaldskarakterisering fastsættes af tilsynsmyndigheden. Halvårlig opgørelse/opmåling over udgravede og gendepoerede arealer på anlægget. Alle uheld og driftsforstyrrelser skal registreres i driftsjournalen, enten under de relevante emner/delprocesser eller samlet i et særskilt punkt. Det skal fremgå hvilke uheld eller driftsforstyrrelser, der er sket, hvornår og hvilke afhjælpende foranstaltninger der er foretaget.

Driftsjournalen skulle være tilgængelig for tilsynsmyndigheden. På forlangende skulle driftsjournalen (evt. dele af den) fremvises eller tilsendes tilsynsmyndigheden, og registreringer som minimum opbevares i 5 år.

Driftsjournalen fungerede under projektet som et arbejdsredskab for entreprenøren såvel som REFAs medarbejdere, og alle var grundigt instrueret i hvad der stod/står i driftsjournalen og hvordan de skulle forholde sig til evt. afvigelser.

Brandforebyggelse og bekæmpelse

Kommunen anså, at der ved gnistdannelse under arbejderne var en betydelig risiko for antændelse af deponigassen i de overfladenære lag og en heraf følgende antændelse af affaldet. Prøveudgravningen viste, at affaldet indeholder både sten og brokker, som kan give anledning til gnistdannelse ved udgravningen.

Der skulle derfor under gravearbejderne være forhøjet opmærksomhed fra maskinførere mfl. for om der sker en gnistdannelse. Såfremt gnistdannelser observeres bør der tages supplerende forholdsregler, f.eks. vanding af gravefronten til modvirkning af antændelse og om nødvendigt skulle gravearbejdet standses.

Ved udgravningen af de øverste 5-6 m lag af affald kunne det forventes, at der skete en ændring af trykforholdene i det tilbageværende affald ligesom evt. tørre zoner i disse kunne blive eksponeret for indsivning af vand. Der er herved en forøget risiko for at de metanproducerende processer genstartes eller forstærkes lokalt. Ligeledes vil der herved kunne blotlægges zoner, hvor der pga. en temperaturforhøjelse fra disse processer kombineret med fornyet tilgang af ilt kunne ske en selvantændelse i affaldet.

Indtil udgravningernes overflader igen var dækkede med jord, skulle der ud over det ovenfor omtalte forhøjede brandberedskab foretages en overvågning af temperaturen i affaldet. Dette kan ske f.eks. ved brug af infrarødt kamera, direkte målinger af temperaturen i min. 1 m dybe jordspyd eller en anden egnet teknik.

Under arbejderne skal det ved valg af maskineri og arbejdsmetoder sikres, at risici for gnistdannelse minimeres.

Der skal under udgravningsarbejderne ske en konstant visuel overvågning ved gravefronten af hvorvidt der sker gnistdannelse.

Såfremt der konstateres gnistdannelse skal der foretages vanding/sprinkling af gravefronten til modvirkning heraf. Hvis dette ikke afhjælper gnistdannelsen skal arbejdet stoppes.

Under gennemførelsen af gravearbejderne skal der vedligeholdes et forhøjet beredskab for brandslukning. Det forhøjede beredskab skal bestå i, dels at der fremføres brandslukningsvand til selve det aktive gravefelt f.eks. i form af en brandvandsledning og dels i, at der opretholdes et lager af jord lokalt ved det aktive gravefelt. Jordlageret skal være tilstrækkeligt stort til at der til enhver tid er en tilstrækkelig jordmængde til at dække gravefronten med et min. 0,3 m jordlag.

Under arbejderne skal temperaturen i affaldslagene under udgravningens bund overvåges, f.eks. ved brug af infrarødt kamera, ligesom der visuelt skal overvåges for røgdannelse. Såfremt der konstateres røgdannelse eller en forhøjelse af temperaturen i et område skal det ved vanding og/eller supplerende afdækning med jord sikres, at der ikke sker antændelse af affaldet. Beredskabet mod brand skal forhøjes indtil røgdannelse og/eller temperaturforhøjelsen kan konstateres fjernet.

I perioder uden for arbejdstid - herunder i weekender og på helligdage - skal udgravningsfelterne ligeledes overvåges visuelt for røgdannelse - enten ved konstant videoovervågning, der kontrolleres mindst hver 6. time, eller ved besøg på pladsen med tilsvarende intervaller.

Såfremt der konstateres røgdannelse eller temperaturforhøjelser fra udgravningsområdet skulle de ovenstående forholdsregler gennemføres.

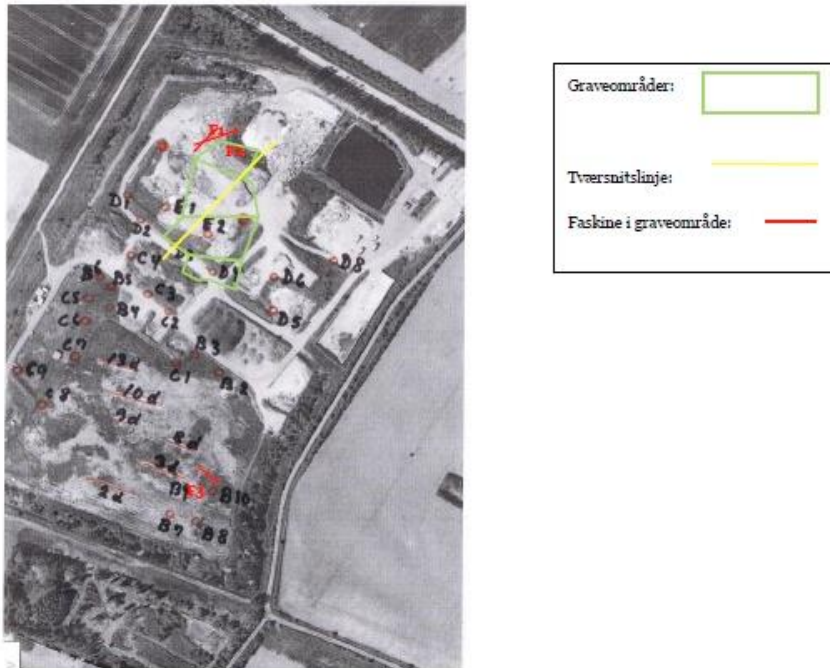
Der blev løbende målt på temperaturen i affaldet (vha. metalspyd med en temperaturføler i spidsen) samt holdt øje med om der er dannet røgdannelse. I tilfælde af brand var der i forbindelse med projektet sørget for at der er brandslukningsvand i nærheden ved eventuel antændelse.

I de perioder uden for arbejdstid - herunder i weekender og på helligdage har der været videoovervågning af udgravningsfeltet, som er foregået på Kraftvarmeværket i Nykøbing F.

Gasmonitering og deponigas

I forbindelse med ansøgningen udarbejdede Rambøll et memo om deponigas (Rambøll 2010). Det blev vurderet at der ved udgravningsarbejderne vil kunne sive metan ud til atmosfæren afhængigt af overtrykket i deponiet i forhold til atmosfæren. Sammededs "vurderes generelt at overtrykket i deponiet vil være begrænset, da det eksisterende gasindvindingsanlæg ville holde et konstant undertryk i deponiet, hvilket vil minimere gasudslippet fra udgravningen."

I figur 3.13 er indvindingsstederne angivet i forhold til gravefelterne.



Figur 3.13: Gasindvindingssteder, Gerringe Miljøanlæg

Det fremgik af oplysningerne i ansøgningen, at indvindingssystemet omfattede:

- 39 små faskiner af 6 meters længde
- 19 boringer i 4-6 meters dybde
- 6 faskiner af 10-15 meters længde

Det fremgår endvidere af ansøgningen, at de 3 faskiner, der var etableret i gravefelterne (F1, F2 og F3) ikke længere var i brug, da der ikke fra faskinerne kunne indvindes deponigas af en tilstrækkelig kvalitet og mængde. Faskinerne skulle nedlægges i forbindelse med gravearbejdet.

Det fremgik ikke af ansøgningsmaterialet hvorvidt indvindingspunkterne D1-D4 henholdsvis E1 og E2 - der er placeret i kanten af gravefelt 4 - er udformede som overfladenære faskiner eller som boringer.

Baseret på angivelserne i ansøgningsmaterialet hvad angår gravedybder, samt Danmarks Digitale Højdemodel er optegnet nedenstående principielle tværsnit for graveområdet. De nærmeste gasindvindingssteder er ligeledes indplaceret på tværsnittet figur 3.5.

Baseret på afstandene fra mellem indvindingsstederne til hovedparten af graveområdet er det Kommunens vurdering, at indvindingssystemet næppe kan medvirke til sikring af et undertryk i den del af affaldet, der befinder sig under eller ved siden af graveområdet - andet end ved gravefelt 4 - hverken under gravearbejderne eller i den efterfølgende periode.

Det fremgår af ansøgningsmaterialets afsnit I, at "Det forventes at der kan graves ca. 6 m ned før der kommer lag med dagrenovation, og der ønskes ikke at opgrave dagrenovation. Dette betyder at den forventede "slutkote" vil være ca. 4 m."

Der efterlades således umiddelbart under gravedybden et op til 8-9 m tykt lag af affald med dagrenovation deponeret før 1987, som af Kommunen vurderes fortsat at kunne udvikle deponigas.

Ansøger angav, at for "åbne skrån timer i udgravninger, som holdes åbne i en længere periode blev tildækket med et lag kompost" men hvad angik udgravningernes bund angives alene, at den deponeringseggede sorteringsrest gendepone res i gravefelterne. Bunden af udgravningerne ville således stå åbne alene med afdækning af sorteringsresten, indtil der igen deponeres affald herpå, hvilket vurderes, at vare nogle år.

Der vil derfor kunne emittere deponigas fra disse flader så længe der sker en gasudvikling i de underliggende affaldslag. Jf. bestemmelserne i deponeringsbekendtgørelsen der iværksættes tiltag til at opsamle og udnytte, afbrænde eller på anden vis omsætte metan indholdet af deponigassen.

Kommunen vurderer derfor, at gasemissionen fra udgravningens bund og sider bør minimeres med etablering af en passende overdækning evt. kombineret med etablering af nye faskiner eller borerer til gasindvinding på dette område. Afdækning og evt. gasindvinding bør etableres snarest muligt efter at udgravningen i det enkelte gravefelt er afsluttet.

Der foreligger for nærværende ingen kvantitative oplysninger om mængden og sammensætningen af deponigassen fra affaldet under udgravningen andet end at dens kvalitet (metan indhold) må forventes at være begrænset, hvilket antages at betyde, at metan indholdet er under ca. 15-20%. Der er dog ikke et tilstrækkeligt grundlag for at kunne fastsætte vilkår om udformningen af afdækning og evt. gasindvinding.

Ved afslutningen af gravearbejderne bør der derfor gennemføres en undersøgelse af gasdannelsen i affaldslagene under udgravningens bund, således at der herudfra kan kvantificeres de nødvendige afværgeforanstaltninger.

Udgravningens sider og bund i det enkelte gravefelt skal afdækkes med et lag organisk jord eller kompost senest umiddelbart efter udgravningen i det enkelte gravefelt er afsluttet.

Efter afslutningen af gravearbejderne på det enkelte gravefelt og senest efter afdækningen af disse skal der gennemføres en undersøgelse af gasemissionen gennem afdækningen. Undersøgelsen kan f.eks. omfatte en gennemgang af den afdækkede overflade med en PID-sniffer for måling af metanindholdet i luften umiddelbart over overfladen. Undersøgelsen skal gennemføres på et tidspunkt med atmosfærisk undertryk.

Alternativt kan gasdannelsen kvantificeres ved gennemførelsen af en prøvepumpning fra gasmoniteringsboringer eller simple grusfaskiner således som foreslået i ansøgningsmaterialet.

Såfremt der ved undersøgelsen konstateres metan umiddelbart over afdækningens overflade skal virksomheden fremkomme med forslag til at supplere afdækningslagene med kompost eller organisk jord af en sådan kvalitet og tykkelse, at metan dannelsen kan forventes omsat heri. Alternativt skal der ske en opsamling og udnyttelse - eller afbrænding - af metangassen.

Arbejds miljø-/risikorelateret emission

Kommunen anså ikke, at det eksisterende gasindvindingsystem vil kunne fastholde et undertryk eller tilsvarende begrænse overtrykket under eller omkring gravefeltene - andet end måske ved gravefelt 4. Det vil derfor ej heller i særlig grad kunne medvirke til at reducere risici for udsivning af deponigas under gravearbejderne.

Det vurderes, at der lokalt i bunden af dybe udgravninger ske en sænkning af iltindholdet til under 18% pga. udsivende deponigas, hvorved der er risici for kvælning. Ligeledes i nævnte memo foreslås, at alle personer under arbejdet bærer en gasdetektor med alarm for højt metan indhold og lavt iltindhold. Kommunen er enig i dette og der bør udvises betydelig agtpågivenhed vedr. forholdet. Ansøger må påregne evt. krav fra Arbejdstilsynet om foranstaltninger f.eks. at alle personer der befinder sig i udgravningsområdet skal være forsynede med personbårne gasdetektorer med alarm for højt metan indhold og lavt iltindhold.

Personer måtte ikke færdes i bunden af dybe lokale udgravninger uden friskluftsudstyr.

Ved forrådnelse i tidligere deponeret organisk affald udvikles metangas, som vil kunne danne eksplosiv atmosfære. Det naturlige eksisterende luftskifte i depotet har været vurderes effektivt nok til, at være tilstrækkelig til, at der ikke opstår en farlig eksplosiv atmosfære. I særlige arbejds situationer, som f.eks. udgravning i tidligere deponeret affald, kan der opstå en eksplosiv atmosfære. Der bør her tages ekstra forholdsregler ved dette arbejde herunder standsning af maskinel, arbejde m.m. hvis der udvikles gnister.

Derfor er der foretaget målinger løbende af gravefronten vha. PID-måler som har målt om der er gas tilstede. Der er ikke på noget tidspunkt målt gas ved udgravningerne, og kan skyldes at der ikke er gravet i den organiske del af affaldet, men blot den forbrændingsegnede del.

Der er sket en daglig afdækning af udgravningens sider og bund i det enkelte gravefelt skal afdækkes med et lag kompost umiddelbart efter udgravningen i det enkelte gravefelt er afsluttet. Komposten fungerer som metan reducerende lag og der er fulgt op med PID-sniffer for måling af metanindholdet over jordlagene i luften umiddelbart over overfladen.

Lugt

Konstateres væsentlig lugt fra udgravning, behandling eller oplag af affaldsfraktioner i forbindelse med Projekt Affaldsminimering, skal der foretages nødvendig afværge. Foranstaltningerne kan bestå i midlertidig afdækning af særligt lugtende affald eller arealer i det aktuelle udgravningsfelt. Afdækning af udgravede og evt. udsorterede affaldsfraktioner kan ske med presenning eller andet egnet afdækningsmateriale. Det skal i den forbindelse sikres at afdækningen holdes på plads og på den måde sikres mod at flyve bort pga. stærk blæst.

Arealer i udgravningen (og på skrænter) der af lugthensyn kræver midlertidig afdækning, kan midlertidigt afdækkes med egnet afdækningsmateriale, jf. regler om materialer til daglig afdækning i deponeringsanlæggets gældende miljøgodkendelse.

Ansøgningen forholder sig ikke til risikoen for lugtgener fra hhv. udgravningen, sorteringen eller oplaget af affaldsfraktioner. Godkendelsesmyndigheden har ikke stærk begrundet formodning om, at der vil opstå sådanne; men det kan ikke med sikkerhed udelukkes, at der fra gammelt deponeret affald kan afgives væsentlig lugt. Er der f.eks. deponeret gipsaffald (f.eks. affald i form af kasserede gipsplader), er der f.eks. risiko for at der dannes H_2S (svovlbrinte) som en del af deponigassen. H_2S giver som bekendt lugt. Undertiden kraftig lugt.

Det vurderes, at der skal stilles vilkår om lugtafværgende foranstaltninger. Dvs. at REFA skal råde over de nødvendige foranstaltninger og skal sætte disse i værk, når der er behov herfor. Kravene om at udstyr og materialer til lugtafværgende foranstaltninger skal være til rådighed i forbindelse med samtlige delprocesser i projektet skal fremgå af vilkår. Foranstaltningerne kan omfatte midlertidig afdækning af stærkt lugtende oplag og arealer. Med hensyn til afværgeforanstaltninger for lugt i selve den maskinelle sortering kan foranstaltningen bestå i midlertidig standsning, eller i at affaldet vælges ikke at blive sorteret; og dermed gendeponeres usortet. Afklaring af evt. behov for affaldskarakterisering i den situation vurderes at sortere under tilsynsmyndigheden (RenoSam 2012).

Der har ikke på noget tidspunkt under udgravningerne konstateret væsentlig lugt ud over det sædvanlige med deponering af affald. Grunden til dette kan skyldes, at der ikke er gravet i organisk dagrenovation. Desuden har været flere steder været observeret en ringe biologisk omsætning og affaldet kunne ligeså godt være deponeret i går.

Støv

I forbindelse med samtlige aktiviteter der indgår i Projekt Affaldsminimering, herunder udgravning, sortering, håndtering, læsning og midlertidigt oplag af affaldsfraktioner, skal REFA foretage de nødvendige foranstaltninger for at undgå væsentlig spredning af støv på og omkring anlægget.

Det fremgår af ansøgningen, at der kan være støvemission i forbindelse med drift af sorteringsanlægget. REFA påpeger at affaldet efter egen erfaring er fugtigt og det derfor efter ansøgers vurdering er usandsynligt, at der vil fremkomme væsentlige støvgener. Ansøger anviser som afværgeforanstaltning, at hvis der mod forventning alligevel skulle opstå risiko for støvgener, f.eks. ved tørke og/eller stærk blæst, vil arbejdet blive standset. Der henvises til at det er en foranstaltning der benyttes når det er nødvendigt i dag ved f.eks. neddeling af stort brændbart.

Godkendelsesmyndigheden vurderer, at det ikke er sikkert at affaldet lidt længere nede i deponiet er fugtigt, som ansøger mener, men derimod at det kan være tørt. Det er der erfaring for andre steder, hvor man har deponeret/eller oplagret forbrændingseget affald. Standsning af aktiviteten synes derfor kun undtagelsesvis at være en tilstrækkelig afværgeforanstaltning.

Det vurderes at denne foranstaltning hidtil har været tilstrækkelig til at sikre mod væsentlig støvspreddning fra anlægget. Henvisningen til at delprocesserne i stor udstrækning vil ske bag afskærmende volde, er også relevant. Men den vurderes ikke i alle tilfælde som tilstrækkelig.

Afværgeforanstaltningerne kan indbefatte midlertidig standsning af alle eller nogle af aktiviteterne:

- Udgravning
- Sortering
- Læsning/omlæsning
- Bortkørsel
- Intern transport

Gendeponering (Afværgeforanstaltningerne kan desuden indbefatte at affaldet afdækkes med egnet afdækningsmateriale, standsning af delprocesser eller at gravefronter, arealer eller oplag befugtes ved oversprinkling med vand. Det skal af driftsinstruks fremgå hvilke driftsmæssige afværgeforanstaltninger der tages i tilfælde af tørke, kraftig blæst, kraftig regn eller snedække. (Det udgravede affald har været forholdsvist vådt, hvorfor der ikke har været iværksat afværgeforanstaltninger for at minimere eller undgå spredning af støv i forbindelse med samtlige delprocesser: udgravning, sortering, midlertidigt affaldsoplag og håndtering og gendeponering.

Affaldsflugt

Ansøgningen foreskriver ikke detaljeret hvilke afværgeforanstaltninger man vil foretage for at undgå spredning af lette affaldsemner i forbindelse med projektet. Der henvises til at aktiviteten vil blive standset på dage med kraftig blæst, som det foregår i dag, når der f.eks. neddeles stort brændbart.

Erfaringerne fra midlertidigt oplag og læsning af brændbart affald på affaldsdeponeringsanlæg viser, at der ved tørke og stærk blæst er risiko for at lette affaldsemner – især plastfolie, flamingoemballager og papir – spredes på anlægget og evt. også uden for anlægget. Ofte opsamles sådanne lette affaldsemner i de hegn og beplantninger der omkranser deponeringsanlæg. Det er uskønt for omgivelserne at se på (hvilket snæver juridisk forstand ikke henhører under de egentlige miljøforhold); men det er også miljømæssigt uacceptabelt at få spredt affald ukontrolleret på deponeringsanlæg, og særligt hvis det spredes på arealerne uden for affaldsdeponeringsanlæg (RenoSam 2012).

Anlæggets eksisterende miljøgodkendelse stiller vilkår om at der ikke sker spredning af lette affaldsemner uden for anlægget. Det vurderes at disse vilkår uden tvivl dækker anlæggets andre aktiviteter; men ikke med sikkerhed kan siges at omfatte aktiviteterne i Projekt Affaldsminimering, med undtagelse af selve gendeponeringen, som må antages at være omfattet af de gældende vilkår for affaldsdeponering på anlægget.

Det vurderes derfor at der skal meddeles vilkår der sikrer at REFA råder over de nødvendige afværgeforanstaltninger og sætter dem i værk, i de tilfælde hvor det er nødvendigt. Det kan være når affald der hhv. udgraves, sorteres, oplægges i midlertidigt oplag viser sig at have en sammensætning, der indebærer en konkret risiko for væsentlig spredning af lette

affaldsemner på og omkring deponeringsanlægget. Det vil særligt være relevant i perioder med tørke og stærk blæst. (Afværgeforanstaltningerne kan i en vis udstrækning være de samme som indgår for at hindre støvspreddning. Men kan også bestå i midlertidig opstilling af trådhegn omkring udgravningssted, svarende til midlertidig opstilling af trådhegn på affaldstippen, for at sikre samme. Det kan også være nødvendigt med opstilling af trådhegn til opsamling af ”flyvende affald” omkring sortering og midlertidigt affaldsoplæg.

For at hindre spredning af lette affaldsemner – f.eks. plast (herunder plastfolie, plastposer, emballager af flamingoskum) og papir – skal REFA, foretage nødvendige afværgende foranstaltninger. Herunder jævnlig manuel indsamling på arealer omkring udgravnings-, sorterings- og oplagsarealerne, der indgår i Projekt Affaldsminimering. En sådan jævnlig manuel indsamling af lette affaldsemner skal omfatte deponeringsanlæggets yderhegn og deponerings anlæggets umiddelbare omgivelser. Der skal som minimum foretages inspektion en gang pr måned for lette affaldsemner i deponeringsanlæggets umiddelbare omgivelser i hele projektets løbetid. Inspektionen skal foretages af deponeringsanlæggets personale.

Som tidligere beskrevet har det udgravede affald har været forholdsvis vådt, hvorfor der ikke har været iværksat afværgeforanstaltninger for at minimere eller undgå spredning af lette affaldsemner i forbindelse med samtlige delprocesser: udgravning, sortering, midlertidigt affaldsoplæg og håndtering og gendeposering.

Det har derfor ikke været nødvendigt, at opstille trådhegn eller lignende, for at sikre mod spredning af lette affaldsemner f.eks. plast og papir, hvis det skønnes nødvendigt, f.eks. i perioder med stærk blæst.

Støj

Ansøgningen indeholder en støjberedning udført af Rambøll. Beregningens forudsætninger om støjende aktiviteter, maskiner, støjkløderne, deres karakter og placering i landskabet, kildestyrker og driftstider vurderes at være dækkende. Det fremgår at anlæggets gældende støjgrænser overholdes med god margen ved de nærmeste beboelser, der ligger hhv. ca. 290 m nord for anlægget og 500 m syd for anlægget.

Det vurderes, at der ikke er behov eller grundlag for at meddele midlertidigt gældende lempede støjgrænser i forbindelse gennemførelse af projektet. Det bemærkes at *aktiviteten nedknusning af tegl og beton* ikke indgår i støjberedningen. Der foreligger således ikke dokumentation for at både projektets aktiviteter, samt neddeling af stort brændbart kan ske samtidigt med nedknusning af tegl og beton inden for støjgrænserne. Denne nedknusning af tegl og beton vurderes at foregå ret sjældent.

Det vurderes, at der skal stilles vilkår om at støjende aktiviteter i forbindelse med projektet skal afvikles under hensyntagen til andre støjende aktiviteter på anlægget, så støjvilkårene samlet overholdes, herunder bl.a. at der ikke foregår neddeling af stort brændbart og nedknusning af tegl og beton samtidigt.

Det vurderes, at der også skal stilles vilkår om at tilsynsmyndigheden i løbet af projektet kan stille krav om støjmålinger/beregninger, der dokumenterer at støjvilkårene overholdes. Det skal indgå i vilkåret at støjmålinger skal udføres af DANAK akkrediteret firma eller af personer med certificering til at foretage ”miljømålinger”.

Ifølge ansøgningen vil aktiviteten foregå inden for den tidsramme, som gælder for Miljøcenter Gerringes øvrige aktiviteter hvilket er hverdage mandag til fredag kl. 07.00 - 17:00, lørdage kl. 07:00 - 13:00. Den aktuelle åbningstid på anlægget inddrager efter godkendelsesmyndighedens oplysninger pt. ikke lørdage. Men det vurderes, at dette projekt evt. kan aktualisere, at lørdage i praksis må inddrages. Det vurderes, at dette er miljømæssigt forsvarligt og at det skal fremgå af vilkår, at projektet skal holdes inden for den angivne tidsramme, hvor også lørdag indgår. Det skal i vilkår præciseres, at denne begrænsning gælder de støjende aktiviteter, hvor der anvendes maskiner eller aktiviteter, der på anden måde er potentielt miljøbelastende, hvorimod visse aktiviteter, som f.eks. løbende overvågning og måling mv. selvsagt kan foregå uden for dette tidsrum (RenoSam 2012).

REFA har i ansøgningen fremlagt støjberegning, udført af Rambøll, der viser at gældende støjgrænser overholdes med god margin, selvom anlæggets samlede aktiviteter udvides med de støjende aktiviteter, der indgår i projektet. Vedr. støj se nedenfor.

Projekt Affaldsminimering skulle gennemføres under overholdelse af deponeringsanlæggets gældende støjvilkår:

REFA skal tilrettelægge driften af aktiviteterne i Projekt Affaldsminimering i forhold til anlæggets øvrige støjende aktiviteter – herunder drift af nedknusningsanlæg for tegl, brokker og beton samt neddeling af stort brændbart, så der ikke samlet sker overtrædelser af anlæggets støjvilkår.

Tilsynsmyndigheden kan i hele projektforløbet forlange at REFA bekoster og lader udføre støjmålinger og beregninger til dokumentation for at anlæggets støjvilkår overholdes. Der skal i støjmålingen/beregningen særskilt indgå en driftsbeskrivelse, der dokumenterer anlæggets samlede drift samt at aktiviteterne omfattes af Projekt Affaldsminimering foregår i normalt omfang (RenoSam 2012).

Det vurderes, at projektet er gennemført under overholdelse af deponeringsanlæggets gældende støjvilkår, og der har under udgravningerne ikke været registreret nogen klager, hvorfor der ikke har været gennemført yderligere tiltag i forbindelse med støj.

Sortering

Midlertidigt affaldsoplag og sortering af udgravet affald skal foregå på det areal der er angivet i ansøgningen. Dvs. umiddelbart nord og vest for udgravningsarealerne, ved areal for mellemlagring og neddeling stort brændbart.

Tilsynsmyndigheden kan dog, hvis den skønner at det er miljømæssigt forsvarligt, for begrænsede og nærmere angivne tidsrum tillade at disse aktiviteter placeres andre steder på anlægget.

Aktiviteter relateret til projektet dvs. udgravning, sortering, læsning, intern transport og gendeposering skal foregå inden for anlæggets alm. åbningstid, dvs. aktiviteten skal foregå inden for tidsrummet, hverdage mandag til fredag kl. 07:00 - 17:00 og lørdag kl. 07:00 - 13:00

De forskellige affaldsfraktioner skal holdes adskilt fra hinanden, så der ikke sker uhensigtsmæssig opblanding af udsorterede fraktioner. De enkelte oplag skal placeres, så der er en afstand på mindst 10 m til andre oplag, og så beredskabets køretøjer kan passere mellem fraktionerne.

Følgende affaldsoplag kan oplægges direkte på køresikret underlag:

- Usorteret udgravet affald
- Forbrændingseget affald – herunder små- og stort brændbart
- Sten, brokker og beton
- Restaffald – herunder jord
- Jern og metal
- Dæk
- Farligt affald, herunder asbest, imprægneret træ mv.

Udsorterede affaldsfraktioner skal løbende fraføres anlægget. Som udgangspunkt skal forbrændingseget affald fraføres dagligt.

Sten, brokker og beton transporteres som minimum ugentligt til anlæggets neddelingsplads.

De øvrige fraktioner, jern og metal kan afvente frakørsel til der er opbygget et helt vognlæs. Dog skal disse fraktioner bortskaffes som minimum hver uge.

Det fremgår ikke om alt affald bliver vejet før sortering og midlertidigt oplagret før hhv. bortkørsel eller gendeponering. Det vurderes at vilkår om delprocesserne skal indeholde muligheden for at affaldet sorteres og oplagres før det vejes. Således at vejning foregår i forbindelse med/umiddelbart før slutdisponeringen af affaldet – hhv. til bortkørsel, behandling på anlægget eller gendeponering.

Det vurderes, at der skal stilles vilkår om daglig bortkørsel af brændbart affald. Dvs. at oplaget af denne fraktion skal være 0 ved hver projektdags afslutning. De øvrige fraktioner vurderes at kunne bortkøres i en takt – som udgangspunkt dagligt eller ugentligt - så oplaget af disse er nedbragt til 0 ved udgangen af en projektuge. Det vurderes umiddelbart, at der kan være behov for lidt længerevarende oplag af fraktionen *deponeringseget blandet restaffald*. I sær i starten af projektet. Derfor indrettes vilkår om udgravningsmængder og max oplag af affaldsfraktioner samt bortskaffelsesfrekvens for fraktionerne, så der er rimelig fleksibilitet. Men der tillades ikke opbygning af ukontrollerede store oplag af de nævnte fraktioner (RenoSam 2012).

Sortering (maskinel- og manuel) af udgravet affald skal foregå på køresikret eller befæstet areal.

Oplagsarealerne skal ved udgangen af hver produktionsuge være tømt for affaldsoplag. Dog kan der i projektets første driftsmåned hen over weekenden henligge midlertidigt oplag af fraktionen.

Rengøring af affaldsfraktioner og spildevand

Det fremgår at man ikke påregner at foretage rengøring af affaldsfraktioner. Ansøger oplyser at dette vil ske på modtagestederne. Godkendelsesmyndighed og ansøger har drøftet behovet for rengøring af affaldsfraktioner på Miljøcenter Gerringe. Vi skal påpege, at hvis det i løbet af projektet alligevel bliver nødvendigt for REFA at f.eks. rengøre jern og metal eller dæk med højtryksrensere, for at få disse fraktioner afsat til nyttiggørelse, skal der træffes særlige miljøbeskyttende foranstaltninger iht. krav fra tilsynsmyndigheden. REFA må således påregne påbud efter miljøbeskyttelseslovens § 41 b om evt. nødvendige afværgeforanstaltninger. Nærværende godkendelse tager udgangspunkt i ansøgningen, hvor der ikke indgår rengøring af affaldsfraktioner. Det vurderes således, at der ikke er behov for vilkår der regulerer evt. rengøring af affaldsfraktioner.

Der indgår som nævnt ikke anvendelse af vand til rengøring af affaldsfraktioner. Det vurderes i øvrigt at projektet kan gennemføres uden nævneværdig påvirkning af perkolatdannelsen, -sammensætningen og -opsamlingssystemet bliver ikke berørt. Der er således ikke behov for ændringer af gældende godkendelses vilkår om perkolathåndtering mv. Det kan bemærkes, at et plant vandret terræn, der afsluttes i ca. kote 6 efter gendeponering, vil kunne opsamle overfladevand/regnvand fra skrænterne i kraftige regnskyl. Det forudsættes, at alt vand nedsiver i depotet – også selv om der i kortere perioder evt. dannes vandpytter på arealet (RenoSam 2012).

Det forudsættes således at overfladevand på arealet ikke ledes andre steder hen på anlægget. Og under ingen omstændigheder ledes uden for deponeringsanlæggets areal. Der indføres en passus til vilkår om gendeponering, om at udgravningsområdet efter gendeponering langs kanten kan afsluttes med en mindre vold, for at sikre at regnvand nedsiver på arealet og ikke flyder ud på arealerne nedenfor (RenoSam 2012).

Det er ikke oplyst om der foretages rengøring af materiel og containere der bruges i forbindelse med projektet. Evt. rengøring af materiel vil ske på befæstet areal, iht. gældende vilkår i deponeringsanlæggets miljøgodkendelse og evt. vaskevand blive ledt til perkolatbassinet. Samlet vurderes det, at der ikke er behov for vilkår til regulering af spildevand i forbindelse med dette projekt.

For at sikre en bedre økonomi i projektet, kunne det være en mulighed at der kan laves større affaldsoplæg, til der er til at kunne fylde en container. At tømme oplaget en gang om ugen er ikke rentabelt og giver desuden ingen problemer miljømæssigt.

Der har under projektet ikke været rengjort nogen affaldsfraktioner, hvorfor dette punkt ikke vil blive yderligere behandlet.

Deponeringsegnet restaffald/jord til gendeponering

Restaffaldet fra sorteringsprocessen består - jf. forsøgsudgravning og -sortering i hovedsagen af jord. Jorden er dog iblandet div. små affaldsemner. Det vurderes at fraktionen med rette bør bære betegnelsen deponeringsegnet blandet affald. Dette affald forudsættes gendeponeret.

Det vurderes at være miljømæssigt forsvarligt, at denne fraktion gendeponeres. Dog skal REFA være opmærksom på implementering af gældende regler om affalds karakterisering. Det er godkendelsesmyndighedens opfattelse, at det er tilsynsmyndighedens opgave at

forestå implementering og håndhævelse af reglerne om grundlæggende karakterisering af blandet affald til deponering (RenoSam 2012).

Deponeringseget blandet restaffald fra sorteringen skal gendeponeres på de afgravede arealer. Det deponeringsegnete blandede restaffald kan udlægges/indbygges på skrænter og på den plane flade i kote 4,0 m. På skrænterne kan der oplægges et lag gendeponeringsaffald i op til 1 m. Der fastsættes ikke nogen grænse for tykkelsen af laget af gendeponeringsaffald på den plane flade. Som udgangspunkt forventes udlagt et lag på ca. 2 m. Der skal dog tilstræbes et jævnt lag over det samlede graveområde – dvs. samme lagtykkelse på gravefelterne 1-4. For at hindre at regnvand ved kraftige regnskyl afleder til arealerne nedenfor graveområdet, men i stedet sikres nedsivet på arealet, kan arealet afsluttes langs kanten med en mindre vold (RenoSam 2012).

Deponeringseget blandet restaffald er blandet affald fra sorteringsprocessen, der har gennemgået gældende krav til affaldskarakterisering, og skal udføres i overensstemmelse med anlæggets miljøgodkendelse. Der er derudover udarbejdet en særskilt driftsinstruks for gendeponering af gendeponeringseget blandet affald.

Det forventes ikke at der er deponeret større partier med ren jord i graveområdet. Og der forventes ikke at fremkomme en fraktion i forbindelse med udgravning og sortering der kan betegnes som ren jord. Der vil i godkendelsen ikke blive meddelt vilkår om håndtering af ren jord.

I henhold til jordflytningsbekendtgørelsen, skal al bortkørsel af jord fra anlægget ske i henhold til de til enhver tid gældende regler for jordflytning.

Farligt affald

Ansøger oplyser at det er usandsynligt, at der optræder farligt affald i gravefelterne. Hvis der mod forventning stødes på asbestaffald vil man standse arbejdet og undlade at udgrave den del af det aktuelle gravefelt. Dvs. REFA vil lade sådant affald blive uberørt i depotet. REFA forventer heller ikke at støde på trykimprægneret træ i form af elmast, jernbanesveller mv. og heller ikke tromler eller dunke med spildolie eller andre former for flydende farligt affald.

Det vurderes at der er risiko for at støde på deponeret farligt affald. Vi har ikke noget grundlag for at hævde, at den risiko er stor. Men vi vurderer at den er der. Det vurderes at der i vilkår skal stilles krav om, at REFA skal råde over foranstaltninger, således at evt. farligt affald der findes på gravefelterne eller i det udgravede affald, evt. under sortering, kan opsamles, håndteres, oplagres (evt. emballeres) miljømæssigt forsvarligt. Foranstaltningerne kan være en lukket container, hvor der er den nødvendige emballage. Trykimprægnerede elmast skal mellemlagres for sig i deponeringsanlæggets gældende godkendelse, og må ikke kompakteres (RenoSam 2012).

Det farlige affald skal efter reglerne i Lolland Kommunes affaldsregulativ bortskaffes til godkendt modtager.

Der er ved udgravningerne afstedkommet ca. 1.200 tons jord til gendeponering. Der er i prøveudgravningerne på Hasselø foretaget en analyse af jorden for at vurdere om den var så ren at den kunne genanvendes, men analyser viste af jorden typisk kunne kategoriseres som

klasse 2 og 3, men at der også blev fundet klasse 4 jord jf. Sjællandsvejledningen (RenoSam 2012).

Der blev ikke på noget tidspunkt stødt på farligt affald ved udgravningerne.

3.2 SHERMAN, AV Miljø

Der har de seneste år været fokus på en bedre ressourceudnyttelse af shredderaffald, hvor udviklingen bl.a. har været drevet via "Partnerskab for Shredderaffald" under Miljøstyrelsen. Fokus kan tilskrives en ressourcemæssig vinkel, da shredderaffald indeholder ikke ubetydelige mængder af metaller til genanvendelse og fraktioner til energinyttiggørelse samt potentielt plastmaterialer til genanvendelse.

Fokus kan også tilskrives, at shredderaffald i en årrække er blevet deponeret i Danmark til trods for, at materialet har et ikke ubetydeligt organisk indhold, som i deponeringssammenhæng kan give anledning til en række udfordringer. Mængden af deponeret shredderaffald i Danmark er opgjort til ca. 1,8 mio. ton, og er stort set placeret på 3 deponier i Danmark – Odense Nord, Glatved og AV Miljø. Shredderaffald er i Danmark klassificeret som farligt Affald.

Tankerne omkring opgravning af deponeret shredderaffald er senest blevet forankret miljøpolitisk i Regeringens Ressourceplan for affaldshåndtering 2013-2018 (Miljøstyrelsen 2014):

- Det vurderes, at udviklingen frem mod 2024 vil betyde, at allerede deponeret shredderaffald vil blive gravet op og behandlet, da der ligger væsentlige ressourcer gemt i de store mængder af shredderaffald, der tidligere er blevet deponeret
- Det vurderes, at 10% af shredderaffaldet kan frasorteres til genanvendelse (metal), ca. 60% kan energiudnyttes og ca. 30% (finfraktionen) vil have så lille energiindhold, at det bør gendeponeres. (Erhvervspolitik har der tilsvarende været fokus på shredderindustrien, hvor konkrete tiltag har haft til formål at styrke konkurrenceevnen, bl.a. gennem programmer til teknologiudvikling. (Muligheden for at udnytte ressourcer i de op mod 1,8 mio. ton shredderaffald, som er deponeret i Danmark, vil i sidste ende bero på en sund Business Case, tilstedeværelse af nødvendige rammevilkår samt en miljømæssig vurdering (LCA), som miljøpolitisk understøtter denne.

Nuværende vidensgrundlag:

- Den reelle teknologiske mulighed for at udsortere metaller (kvalitet og mængde) er usikker. Ligeledes er det vanskeligt at estimere omkostninger til den nødvendige sortering. Indtægter og udgifter i forhold til dette er således meget usikre.
- Samspillet mellem udsortering af metaller og frembringelse af fraktioner til forbrænding er usikker. Det er således vanskeligt at estimere mængden og kvaliteten til forbrænding, og hvorvidt størrelsesopdeling og frasortering af metaller tilgodeser ønskede forbrændingstekniske egenskaber. Med det aktuelle vidensniveau er det vanskeligt at udarbejde en Business Case.

- Genanvendelsespotentialiet for en udsorteret plastfraktion er ikke kendt. Det er således ikke muligt at formulere en ressourcestrategi for så vidt angår plast i deponeret shredderaffald.
- Muligheden for behandling af finfraktionen med henblik på materialenyttiggørelse er ikke undersøgt, ligesom deponeringsegenskaberne ikke i tilstrækkelig grad er dokumenteret. Det er således vanskeligt at estimere omkostningerne til slutdisponering af 30-40% af mængden.

Det har været projektets overordnede formål, at styrke videns grundlaget i forhold til at kunne udarbejde en Business Case for opgravning af deponeret Shredderaffald, herunder via fuldskala pilottest vurdere i hvilket omfang laboratorieerfaringer i forhold til ressourcepotentialer kan opskaleres til en egentlig driftssituation.

Projektets delmål:

- Gennem opgravning af deponeret shredderaffald på AV Miljø er det projektets formål at tilvejebringe viden, der afspejler den historiske forskellighed i deponeret shredderaffald i Danmark.
- Gennem demonstrationstest er det projektets formål at bestemme andelen af metaller, som kan udsorteres fra deponeret shredderaffald – dette også set i forhold til ressourcepotentialet bestemt i laboratorium. Salgsværdien af de fremkomne metaller vil blive bestemt. Erfaringerne fra demonstrationstesten tænkes ind i en egentlig fuldskala driftssituation
- Det var formålet at bestemme andelen af plast i fraktionerne > 10 mm. På baggrund af dette samt en generel visuel karakterisering vil genanvendelsespotentialiet for plastfraktionen blive beskrevet. I dialog med maskinleverandører vil teknologi til udsortering af plastfraktionen blive diskuteret.
- Det var formålet, at bestemme forbrændingsegenskaberne og i forhold til dette hvilken "renhedsgrad", der kan opnås med de valgte sorteringskoncepter.
- Det var formålet, at vurdere, hvorvidt den uorganiske del af finfraktionen kan indgå som filler i asfaltproduktion. I demonstrationstest vil behandlingskoncept til udsortering af den uorganiske del blive afprøvet, og en prøveproduktion med materialet som fillertilslag vil ske på asfaltfabrik. Parallelt vil deponeringsegenskaberne i restfraktionen blive bestemt – før

For at tilvejebringe et bedre teknologisk vidensgrundlag er nærværende projekt gennemført.

AV Miljø har siden efteråret 2012 haft fokus på mængden af deponeret shredderaffald, som er opgjort til ca. 440.000. Dette skyldes primært:

- Ca. 33.000 tons er midlertidig deponeret
- AV Miljø har en restlevetid på 3-4 år
- Usikkerhed om efterbehandlingstiden for deponeret shredderaffald, som af DHI er estimeret til minimum 100 år => ekstraordinære hensættelser til sikkerhedsstilling
- Shredderaffaldet indeholder 50-60 % brændbart materiale med høj brændværdi, som vil kunne udgøre en forsyningssikkerhed til ARC og Vestforbrænding

- Mulighederne for opgravning af deponeret shredderaffald er blevet søgt underbygget via pilotprojekter, som har været initieret af Miljøstyrelsen, og ønskerne er miljøpolitisk blevet forankret i Miljøstyrelsens Ressourceplan.
- Miljøstyrelsen har udarbejdet en vejledning, som åbner op for energinyttiggørelse af shredderaffald

Driftsudvalget for AV Miljø besluttede i juni 2013 at igangsætte en proces, der skulle:

- Tilvejebringe de nødvendige rammebetingelser i form af tilladelser. Dette resulterede i igangsættelse af tre VVM-processer for derigennem at kunne opnå miljøtilladelse til
 - Opgravning af ca. 440.000 ton shredderaffald på AV Miljø
 - Energinyttiggøre shredderaffald på ARC (Farligt Affald)
 - Energinyttiggøre shredderaffald på Vestforbrænding (Farligt Affald)
- Gennemføre et pilot-skalaprosjekt, som skal teste sorteringsteknologier og derigennem skaffe data, der kan verificere den samlede business case. Beslutningen faldt sammen med muligheden for at søge støtte til projektet via Miljøstyrelsens program for Grøn Teknologi 2013. Dette er sket, og projektet har fået tilsagn om støtte på ca. 50 % af projektkomkostningerne - projektet er blevet døbt SHERMAN.
- Opstille en Business Case, hvor opgravning af deponeret shredderaffald som et minimum skal være omkostningsneutralt for AV Miljø.

Der er tale om et pilotprojekt, hvor det gennem en række delprojekter er muligt at foretage praktiske test i 1:1. (ScanMetals driver som de eneste i Danmark et fuldskala kommercielt produktionsanlæg til udsortering af metaller fra restprodukter – anvendes primært på slagter fra affaldsforbrænding.

- Der er tale om én sammenhængende produktionsenhed
- Der er mulighed for aktiv tørring af materielt før sortering.

AFATEK har etableret et pilotanlæg til videreudvikling af sorteringsprincipper til slagter fra affaldsforbrænding

- Der er i princippet tale om to "stand alone" enheder, hvor der i det ene anlæg foretages en størrelsesopdeling og i det andet anlæg udsorteres jern og metaller.

Pilot-test

Shredderaffald er på AV Miljø deponeret i 4 selvstændige adskilte celler. Hver celle indeholder shredderaffald fra en given tidsperiode, og med henvisning til Miljøprojekt 1440 er der en variation i materialesammensætningen mellem de enkelte celler.

Tabel 3.3: Deponiceller med shredderaffald på AV Miljø med angivelse af driftsårstal

År	Celle nr.				Sum
	1.5.1	2.1.4	2.1	1.1	
1992	2,281				2,281
1993	4,106				4,106
1994	3,556				3,556

1995	3,046				3,046
1996	2,333				2,333
1997	3,669				3,669
1998	4,573				4,573
1999	8,183				8,183
2000	1,403	6,358			7,761
2001		16,119			16,119
2002		20,216			20,216
2003		24,239			24,239
2004		23,353			23,353
2005		24,625	17,139		41,763
2006			42,874		42,874
2007			48,882		48,882
2008			43,335	11,209	54,544
2009			281	39,406	39,687
2010				43,279	43,279
2011			96	44,886	44,982
I alt	33,15	114,91	152,60	138,78	439,447

For at indsamle praktiske erfaringer blev det besluttet, at opgrave og håndtere shredderaffald fra celle 2.1, og lade dette fungere som pilottest for derigennem at lade disse erfaringer indgå i tilrettelæggelse af den egentlige projektgennemførelse.

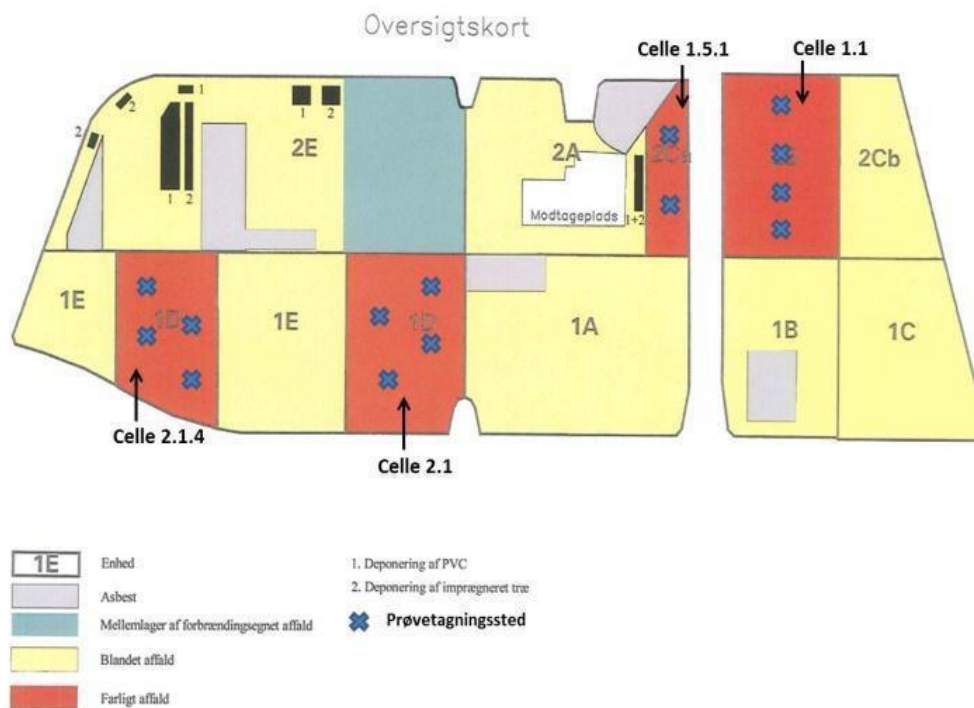
Celle 2.1 blev valgt som test-celle på baggrund af erfaringer fra Miljøprojekt 1440:

- Andelen af partikler > 4 mm var bestemt til 50 %
- Indholdet af jern og metaller var blandt de højeste koncentrationer fundet i deponicellerne på AV Miljø

Plan for udgravning

Plan for udgravning blev udarbejdet i samarbejde med DHI:

- 4 udgravningsområder på hver 6x6 m blev afmærket i celle 2.1
- Udgravning blev gennemført i hele det vertikale profil, og ca. 50 ton blev udgravet fra (hvert udgravningsområde)
- Temperaturmåling blev foretaget pr. 0,5 m



Figur 3.14: Placering af udgravningsområder i celle 2.1



Figur 3.15: Udgravning af shredderaffald i celle 2.1

Observationer registreret i forbindelse med opgravning med betydning for endelig projektplan:

- Visuelt fremstod materialet ved opgravningen fugtigt, således at det var vanskeligt at identificere typer af emner (plast, jern, metal, tekstiler m.v.)
- Vandindholdet blev efterfølgende bestemt til ca. 25%
- Der skete hurtig en udtørring af materialet på overfladen af milen, men denne udtørring (kunne ikke registreres mere end par centimeter ind i milen, selv efter 3 dages mellemlagring i tørvejr og solskin.
- Materialet indeholdt enkelte mono-emner op til ca. 500 mm i længden – primært teksti(ler og plast/gummi

- Materialet indeholdt en hel del sammenfiltrede ”kager” op til ca. 500 mm. Disse gik (umiddelbart ikke i stykker ved simpel håndtering, og ej heller dem som havde ligget på overfladen af milen og var blevet udtørret.



Figur 3.16: Billeder af monoemner og sammenfiltrede ”kager”

Plan for prøveforbehandling og prøvetagning

Plan for prøveforbehandling og prøvetagning blev udarbejdet af DHI i henhold til DS/EN 14899 og tilhørende Tekniske Rapporter (DS/CEN/TR 15310 1-5) samt DS/ISO 10381-8.

- Oplægning af materiale i ”long-pile” på asfaltplade
- Der blev udtaget delprøverne ved at udtage hele tværsnit af milen:
 - 50 tons forberedt til ScanMetals
 - 50 tons forberedt til AFATEK
 - 100 tons ”back-up”
 - 200 kg laboratorieprøve til DHI
- Opgravning og prøveforbehandling skete under vejrlige optimale forhold, og det blev valgt at mellemlagre materialerne i 3 dage på AV Miljø



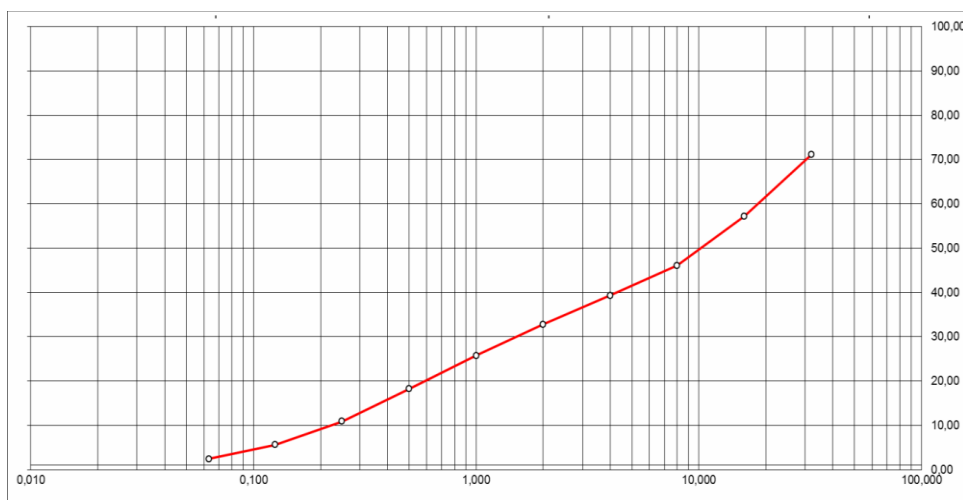
Figur 3.17: Prøveforbehandling og prøvetagningsplan (til venstre foto af "long pile B")

Potentialebestemmelse i laboratorium

En prøvemængde på ca. 200 kg blev transporteret til DHI med henblik på laboratorietest.

En prøvedelmængde på ca. 11,4 kg blev generet via "long-pile neddeling". Til brug for bestemmelse af vandindhold og kornstørrelsesfordeling blev prøven tørret ved 105 C:

- Vandindhold blev bestemt til 24,5%, svarende til TS = 76,5%.
- Kornstørrelsesfordeling fremgår af figur 3.18.



Figur 3.18: Kornstørrelsesfordeling på tørret prøve stammende fra celle 2.1

Som det fremgår af figur 3.18 blev kornstørrelsesfordelingen på anvendte sigter bestemt til:

- 71% af materialet <32 mm
- 57% af materialet <16 mm
- 46% af materialet <8 mm
- 39% af materialet <4 mm
- 33% af materialet <2 mm

Der er tale om en kornstørrelsesfordeling fremkommet ved tørsigtning under meget stor mekanisk påvirkning, hvorfor ovenstående "potentiale" skal betragtes som umuligt at opnå i praksis grundet materialet fugtighed og opholdstiden i et fuldskalasorteringsanlæg. I praksis vil dele af de fine partikler klister sig på større emner (J. Hyks et. al 2016).

En prøvemængde på ca. 100 kg blev tørret og herefter håndsigtet på sigtestørrelserne 60, 10, 5 og 2 mm svarende til sigtestørrelser anvendt i miljøprojekt 1440. På fraktionerne +60 mm og 10/60 mm var det muligt at foretage petrografi, hvor resultatet af håndsortering efter emne typer fremgår af tabel 3.4.

Tabel 3.4: Petrografi (håndsortering efter emnetyper) på fraktionerne +60 og 10/60 mm.

	> 60mm	10-60 mm
Magnetisk metal	2,8 %	8,9 %
Umagnetisk metal	7,4 %	4,6 %
Hård plastik	49,5 %	21,8 %
Brændbart	3,0 %	33,6 %
Uorganisk	12,8 %	7,4 %
Ikke registreret	1,0 %	0,6 %
Vandindhold	23,5 %	23,5 %

Som det fremgår af tabel 3.4 bekræfter laboratoriesorteringen, at fraktionerne +60 og 10/60 indeholder en betydelig mængde brændbart materiale, hvor mængdeandelen er opgjort til henholdsvis 52% og 55% (tørt materiale). Ligeledes bekræfter forsøgene, at disse fraktioner indeholder et metalpotentiale i størrelsesordenen 10%, da mængdeandelen er opgjort til henholdsvis 10% og 13%. Fotos af udsorteret metaller fra fraktionerne +60 og 10/60 mm fremgår af figur 3.19 og 3.20.

Det var ikke praktisk muligt at foretage petrografi på fraktionerne 5/10, 2/5 og 0/2 mm hertil var de enkelte partikler (emner) størrelsesmæssig for små. På fraktioner 2/5 og 5/10 blev indholdet af magnetisk metal bestemt ved brug af magnet. Resultatet af denne bestemmelse fremgår af tabel 3.5 Udsorterede magnetiske metalemner er sammenlignelig med emner fundet i fraktionerne 10/60 og +60 blot mindre (J. Hyks et. al 2016).

Det skal noteres, at også fraktionen 0/2 og indeholder metal hvilket blev konstateret ved at kigge gennem et mikroskop.

Tabel 3.5: Indhold af magnetisk metal i fraktionerne 2/5 og 5/10 mm

	2/5 mm	5/10 mm
Magnetisk metal	6 %	10 %



Figur 3.19: Manuel udsortet magnetisk metal og umagnetisk metal fra fraktionen > 60 mm



Figur 3.20: Manuel udsortet magnetisk metal og umagnetisk metal fra fraktionen 10-60 mm

Pilotsorteringstest (indkøringstest)

SHERMAN projektet har taget udgangspunkt i anvendelsen af fuldskalaanlæg, som i deres processer anvender følgende sorteringstekniker:

Der skal ske en størrelsesopdeling for at hvirvelstrøms-magneter og sensorer kan frasortere metaller

- Mekaniske sigter – størrelsesopdeling
- Elektromagnet – frasortering af jern (Fe)

- Hvirvelstrøms-magneter (Eddy Current) - frasortering af kobber, aluminium og mes-sing
- Sensor-frasortering af zink og bly samt rest kobber

Overordnet sorteringsprincipper:

- Der skal ske en størrelsesopdeling for at hvirvelstrømsmagneter og sensorer kan frasortere metaller
- Jern skal i vides mulig omfang frasorteres før sortering med hvirvelstrømsmagneter kan blive effektiv

Hverken ScanMetals eller AFATEK har ønsket, at oplysninger om selve deres sorteringskoncept skulle gengives i en afrapportering, da disse informationer betragtes som fortrolige forretningsoplysninger (J. Hyks et. al 2016).

Test hos ScanMetals blev udført på 42.400 kg. Det blev ved modtagelsen konstateret, at det aktuelle vandindhold på ca. 25% gjorde det muligt at foretage en test hertil var materialet for fugtigt, hvorved partiklerne "klistrede" sig til hinanden samtidig med at materialet "klistrede" sig fast til selve sorteringslægget og ikke kunne "løbe" på transportbåndene. Hos ScanMetals er det muligt at foretage nedtørring ved at blæse varm luft mod materialet og samtidig med gummihjulslaster omfordele materialet, hvorved nedtørring ikke kun ske på ydersiden af materialebunken. Det skal noteres, at denne metode er økonomisk dyr og samtidig stille store krav til indendørsfaciliteter. Over 3 dage var det på denne måde muligt at reducere vandindholdet til ca. 10%, hvorved en fuldskalatest var muligt (J. Hyks et. al 2016).

Testmængden udgjorde efter fordampning af 15% vand (6.360 kg) 36.040 kg.

Resultat af fuldskalatesten fremgår af tabel 3.6, og fotos af udsorterede rene metaller samt eksempler på sammenfiltrede "bolde" og "kager" fremgår af figur 3.21, 3.22 og 3.23

Observationer:

- Det blev vurderet, at det med det aktuelle produktions set-up ikke er muligt at gennemføre sorteringen med det fødte vandindhold på 25%, hvorfor materialet blev tørret nedoveren weekend.
- Der er vurderingen, at en yderligere tørring ville være ønskværdigt, da vand fortsat virkersom "klister" hvorved små partikler klæber til større samtidig med, at vand også giver tekstiler og metaller en sammenhængskraft.
- Emner dækket af jernoxider vil blive magnetiske og vil derfor delvist blive frasorteret som en "jernfraktion", også metaller med påklistrede jernoxider. Fraktioner er således en blandingsfraktion, og både Stena og ScanMetals betragter ikke denne fraktion som en handelsvare
- Større emner besværliggør indfødnig af materialet, ligesom disse lægger sig som en "dyne" over mindre emner og derved "skygger" i relation til metalsorteringen.

- Sammenfildrede "bolde" eller "kager" af materiale er en udfordring da disse både indeholder jern, metal og brændbare emner.
 - Indholdet af jern betød, at boldene var blevet magnetiske og derfor i vid udstrækning blev frasorteret som en "jern-fraktion".
- Kobbertråde fra kabler er både frigjort fra deres plastikhylster, og forefindes fortsat som egentlige ledningsstumper. Formen som lange tynde tråde gør, at hvirvelstrøms magneterne har vanskelig ved at "fange" disse. Egentlige ledningsstumper vil ikke blive frasorteret, da plastikken virker som "isolering"

Tabel 3.6: Udsorterede emner fremkommet ved fuldskala-test hos ScanMetals

	Restfraktion (kg)	Jern (kg)	Metaller (kg)	Rustfrit/kabler (kg)	Materialetab (kg)
> 60 mm	2.560 (7%)	6.555 (18,2%)	126,5	142	644 (1,8%)
10-60 mm	8.620 (24%)		415,5	Ej udført	
5-10 mm	5.060 (14%)		229	Ej udført	
2-5 mm			168	Ej udført	
< 2 mm	11.250 (33%)		Ej udført	Ej udført	
Total	27.760 (77%)	6.555 (18,2%)	939 (2,6%)	142 (0,2%)	644 (1,8%)



Figur 3.21: Frasorterede rene metalfraktioner i test hos ScanMetals



Figur 3.22: Venstre foto er eksempel på sammenfiltret "bold" af stof, metal og finstof. Højre foto er indhold af metaltråde i "bolden".



Figur 3.23: Eksempel på sammenfiltret "kage" som er blevet magnetisk på grund af indholdet af jernoxider

Test hos AFATEK blev udført på 21.850 kg. Sortering blev foretaget med det aktuelle vandindhold på 25% og omfattede 3 behandlingstrin.

Behandlingstrin 1 – størrelsesopdeling i 3 fraktioner på:

- Sorteringen blev foretaget på gummibivitecsigte med maskestørrelse 2 og 4 mm. Resultatet fremgår af tabel 3.7 og fotos er gengivet i figure 3.24.

Behandlingstrin 2 – størrelsesopdeling og metalseparation af fraktionen > 4 mm blev udført på slaggesorteringsanlæg:

- Det kan konkluderes, at den anvendte teknik ikke er velegnet til sortering af shredder affald med aktuelle vandindhold og karakteristika, hvorfor data fra dette forsøg ikke er medtaget i rapporten.

Behandlingstrin 3 – metalseparation af fraktionerne 0-2 og 2-4 mm:

- Det kan konkluderes, at den anvendte teknik ikke er velegnet til sortering af shredderaffald, hvorfor data fra dette forsøg ikke er medtaget i rapporten.

Tabel 3.7: Resultat af behandlingstrin 1 udført hos AFATEK

	(kg)
> 4 mm	11.750 (54%)
2-4 mm	1.150 (5%)
< 2 mm	7.750 (36%)
Material tab	1.200 (5%)
Total	21.850



Figur 3.24: Behandlingstrin 1 udført hos AFATEK Hovedkonklusioner:

- Opgravet shredderaffald på AV Miljø er ”født” med et vandindhold på 25%, hvilket er en udfordring i forhold til en effektiv størrelses opdeling samt efterfølgende metalseparation.
 - Nedbringelse af vandindholdet og gerne så langt ned som muligt er en forudsætning for en effektiv størrelsesopdeling og metalseparation.

- Sammenfiltrede kager/bolde med indhold af både jern, metal, plast og brændbart er en udfordring i forhold til en effektiv størrelsesopdeling og efterfølgende jern og metalseparation.
 - Sammenfiltret materialer bør reelt rives fra hindanden for at opnå en effektiv størrelsesopdeling og metalseparation.
- Jernoxider fastklæbet til andre ikke-magnetiske emner er en udfordring, da frasortering af magnetiske materialer er en forudsætning for den ønskede metalsortering, og da denne fraktion reelt er en stor blandingsfraktion uden nogen handelsværdi.
 - Jernoxider bør reelt frigøres fra særligt de brændbare fraktioner, hvortil oxiderne særlig fastklæber sig.
- Kabler med plastisolering og tynde lange kobbertråde uden plast er en udfordring i forhold til en optimal metalseparation.
 - Plastisolering bør om muligt fjernes
- Det vurderes, at en gentagelse af de gennemførte fuldskala-test på shredderaffald fra en anden celle på AV Miljø ikke vil bibringe ny viden

Karakterisering af plast i Shredderaffald

Dette delprojekt er udført af Replast og omfatter karakterisering af udsorteret "måske plast" i størrelsesfraktionerne > 60 mm og 10 - 60 mm.

- Flere vaskeforsøg endte ud med, at materialet kun kunne rengøres tilstrækkeligt ved vask i varmt vand (ca. 70 grader) tilsat rensemidlet hydrosol.
- Det var alene muligt, at foretage en visuel karakterisering af fraktionen "måske plast" >60 mm:

Tabel 3.8: karakterisering af plastfraktion

Genanvendelige kvaliteter:	Polyethylen (type HDPE)	16%
(Salgbart i Europa)	Polypropulen	11%
Genanvendelige kvaliteter:	Acryl (plexiglas)	4%
(Ej salgbart i Europa)	Bakelit	2%
	Polyamid	7%
	ABS Plast (metalbelagt)	4%
Restfraktion		56%

Ud fra ovenstående anser vi det derfor ikke som værende muligt, at genanvende plastfraktionen i det opgravede shredderaffald

Anvendelse af finfraktionen som mineraler i asfalt

Dette delprojekt er udført af NCC og deres samarbejdspartner Stjernholm A/S. Tilbagemelding på besigtigelse af materialefraktionerne 0/2 og 2/4 mm:

- Det vurderes visuelt at andelen af mineraler i fraktionerne var lille – hvilket understøttes af en brændværdi som tørv o.l. (Miljøprojekt 1440)
- Der skal udtages en tilstrækkelig stor prøvemængde til glødetabsbestemmelse, således at der på den afsyrede gløderest kan foretages en bestemmelse af den affødte reelle mineralkornkurve, herunder hvilke partikler der er fra 0-1.000 µm

På baggrund af ovenstående samt resultatet af hovedkonklusionerne af pilottesten, blev det besluttet, at foretage en generel evaluering og opsamling (J. Hyks et. al 2016).

Evaluering og refleksioner

Den 26. maj 2014 blev der afholdt et følgegruppemøde i projektet, hvor de foreløbige erfaringer blev diskuteret og evalueret. Samtidig blev der foretaget en besigtigelse af de fremkomne fraktioner.

Følgegruppen var enig i hovedkonklusionerne samt at gentagelse af testforsøg med shredderaffald fra andre celler ikke ville bibringe ny viden. Shredderindustrien repræsenteret ved Stena og H.J. Hansen kunne i tillæg konstatere:

- At udfordringer med en effektiv størrelsesopdeling og metalseparation som følge af sammensatte og sammenfildrede emner, også gjaldt for nyproduceret shredderaffald, herunder problematikken med plastisolering omkring metalkabler. Shredderindustrien i Danmark havde endnu ikke fundet en teknologi, som på kommercielle vilkår yderligere kunne udsortere metaller fra nyproduceret shredderaffald. Dette betyder, at shredderaffald til deponering og shredderaffald til forbrænding indeholder ikke magnetiske metaldele svarende til indholdet fundet i opgravet shredderaffald på AV Miljø.
- At et vandindhold på ca. 25 % var ny viden, og at dette blot gjorde udfordringen i forhold til en effektiv sortering endnu større, og med stor sandsynlighed ville kræve, at vandindholdet blev nedbragt til et minimum.

Projektet foreløbige resultater blev tilsvarende fremlagt og diskuteret i ”Partnerskab for Shredderaffald” i møde den 11. juni 2014. Nedenstående blev noteret:

- Som følge af Erhvervsstyrelsens pulje af udviklingsmidler til shredderindustrien kan der forventes at ske en betydelig udvikling af teknologien til behandling af metalskrot i de kommende år. Det blev påpeget, at det deponerede shredderaffald også vil kunne behandles med denne teknologi og opnå forbedret genanvendelse af ressourcer. Det blev derfor diskuteret, om det ville være hensigtsmæssigt at afvente denne udvikling før opgravning og behandling af deponeret shredderaffald. Det blev ikke uddybet, hvilken teknologi der påtænkes udviklet (J. Hyks et. al 2016).

Proces med VVM og miljøgodkendelse

I forhold til den igangsatte VVM-proces samt indhentelse af miljøtilladelse til forbrænding af shredderaffald klassificeret som farligt affald, skal der redegøres for sammensætningen af affaldet, herunder skal indholdet af metaller beskrives. Ligeledes skal der redegøres for udført forbehandling, som har haft til formål at sikre opfyldelse af krav til forbrændingsegnethed. Med det aktuelle vidensgrundlag er det ikke muligt at beskrive, hvilken forbehandling som er gennemført eller tænkt gennemført, eksempelvis i relation til at udsortere metaller til gennemanvendelse. Dette betyder tilsvarende, at det ikke er muligt at beskrive sammensætningen af shredderaffaldet, herunder foretage en kemisk karakterisering.

I dialogen med godkendelsesmyndigheden kunne der derfor alene henvises til, at shredderaffaldet naturligvis skulle leve op til vejledende udtalelse fra Miljøstyrelsen, som gjorde affaldet forbrændingseget. Men denne vejledning var efteråret 2014 tidsbegrænset til 31. december 2014.

Endelig blev der søgt hentet Inspiration fra eksisterende miljøgodkendelser til forbrænding af shredderaffald klassificeret som farligt affald. Disse var imidlertid koblet op på Miljøstyrelsens vejledning, og også tidsbegrænset til 31. december 2015.

Det skal noteres, at AV Miljø ikke ønskede en tidsbegrænset godkendelse, da muligheden for en fremtidssikret behandlingsløsning for ca. 60% brændbart materiale, er en absolut forudsætning for en business case og dermed beslutningsgrundlaget for opgravning af shredderaffald deponeret på AV Miljø.

Business Case

På baggrund af de indsamlede erfaringer er det vurderingen, at den egentlige metalsortering ikke at kan foregå på AV Miljø. Dette da behandlingskonceptet med stor sandsynlighed kræver fortørring af materialet, ligesom selve størrelsesopdelingen og den efterfølgende metalsortering kræver tilgang til egentlige indendørs produktionsfaciliteter a la ScanMetals.

Dette betyder, at scenarie A kan udelukkes som realistisk Business Case. Dette betyder, at der må påregnes et håndteringskoncept (scenarie C eller D), hvor spørgsmålet omkring afgiftsrefusion og afgiftsbetaling er en altdominerende budgetpost. Det har ikke været muligt at få en afklaring med SKAT omkring dette spørgsmål.

SHERMAN projektet har tilsvarende ikke kunne bibringe ny viden til budgetposten "omkostning til sortering", ligesom det ikke er muligt verificere andelen af udsorteret metal til genanvendelse og salgsprisen for denne fraktion. Tilsvarende er det ikke muligt, at fastslå andelen af udsorteret materiale til forbrænding (energinyttiggørelse) samt verificere at den kan karakteriseres som forbrændingseget.

Endelig er fjernelse af vand er en ny omkostningspost, hvor selve den praktiske håndtering kan være en udfordring og dermed omkostningstung.

Møde med Miljøstyrelsen

De en indsamlede erfaringer og refleksioner blev præsenteret for Miljøstyrelsen på møder i efteråret 2014.

Eneste bud på en effektiv løsning var med det nuværende vidensgrundlag en termiske energinyttiggørelse for derefter at foretage metalressourcegenanvendelse. Dette da:

- ”Født” metalindhold i deponeret shredderaffald på AV Miljø er sammenlignelig med nuværende metalindhold i shredderaffald, som forbrændes (energinyttiggøres)
- Forbrænding af shredderaffald i andel på maksimal 10 %, og hvor der har været fokus på omblanding med øvrigt affald, har ikke givet anledning til forbrændingstekniske udfordringer
- Metalsortering af slagger fra affaldsforbrænding har i Danmark nået et stadium med dokumenteret høj effektivitet, og kommerciel afsætningsmulighed for alle udsorterede metalfraktioner.

Udestående overvejelser før en forbrænding af deponeret shredderaffald

- Ressourcebetragtninger – hvor stor en andel metal og jern mistes dels under selve forbrændingen og dels under slaggekøling og mellemlagring før slaggesortering.
- Driftstekniske udfordringer – langtidseffekter så som belægninger på kedler
- Miljømæssige overvejelser – massebalance i forbrændingen og dermed emissioner af metaller til spildevand, røggasaffald og luft.

Der var mellem Miljøstyrelsen og AV Miljø enighed om, at sætte de igangværende VVM-processer i forhold til forbrænding af deponeret shredderaffald på ”hold” og samtidig afslutte SHERMAN projektet og foretage en afrapportering i form af erfaringsopsamling (J. Hyks et. al 2016)

4 Erfaringsopsamling fra udvalgte EU lande

I dette afsnit præsenteres et udvalg af de nyeste europæiske landfil mining projekter.

4.1 Remo Landfill - Closing the Circle (CtC) (Belgien)

Projektet er måske det mest omtalte projekt, og er det første projekt hvor der gennemføres en såkaldt "ELFM" koncept – dvs. en total udnyttelse af alle materialerne i deponiet.

Closing the Circle-projektet (CtC) er et første konkrete projekt vedr. ELFM (husholdnings- og industriaffald), og vil foregå på Remo Lossepladsen som i dag ejes og af Group Machiels. Specifikt for CtC-projektet gælder, at området efterfølgende vil blive omdannet til et rekreativt område. Projektideen er baseret på det økonomiske overskud fra de opgravede materialer og energiproduktion fra lossepladsen. Derfor kræves en integreret tilgang vha. forskellige teknikker til oparbejdning af materialerne, som ikke er set tidligere i lignende projekter (P.T. Jones et. al 2013).

Mere end 16 millioner tons affald er tidligere deponeret på lossepladsen, og typen, størrelsen og placeringen af det deponerede affald er veldokumenteret, og skal derfor bidrage til en effektiv landfil mining proces. Ca. 45% af det deponerede affald kan genbruges som materiale, mens resten kan udnyttes som energi ved indfyring i et 75-100 MW elektrisk kraftværk som er baseret på plasma-teknologi. En meget begrænset mængde af det affald, som der ikke på nuværende tidspunkt er en udnyttelsesmulighed for endnu, vil blive opbevaret i et specielt og dertil indrettet deponi. Opbevaring vil kun være midlertidigt, da det forudses, at med den videre udvikling af genanvendelses- og energiteknologier, vil affaldet kunne udnyttes i fremtiden. Derfor er CtC beskrevet som en del af et lukket materialekredsløbet, med en lang tidshorisont (Y. Tielemans et. al 2010).

Der blev taget initiativ til projektet allerede i 2007, og undersøgelser, tests, teknikker og mere detaljeret beskrivelser af projektet er gennemført i 2009-10. Undersøgelserne er brugt til at beregne og validere de antagelser, som beskrives i det efterfølgende. WTM og WTE anlæggene skal være i drift i 20 år for at realisere den samlede udnyttelse af affaldet. Herefter vil lossepladsen blive udviklet til et rekreativt område. Projektet kræver en investering på 230 mio. euro, og det forventes at skabe 800 nye arbejdspladser i løbet af 20 år (Y. Tielemans et. al 2010).

Den indledende karakterisering af deponiets indhold har haft til formål at validere en række antagelser der ligger til grund for CTC-projektet vedrørende deponerede affald herunder:

- Type, mængde og placering af deponeret affald.
- Potentialet for materialeudnyttelse.
- Potentialet for energiproduktion.

Valideringen af denne begrebsanalyse blev udført med den primære målsætning om:

- Dokumentere og eftervise pålideligheden af de eksisterende rapporter af opgørelsen og beskrivelser af affaldet og dets sammensætning
- Etablere et mere præcist potentialet i de forskellige affaldsstrømme for deres ressourcepotentiale eller energiindhold.

- Beskrive grundlaget for forskning og samarbejde om og forbedre udnyttelsesgraden og potentialet af visse affaldsstrømme.

Karakteriseringen er baseret på en række forsøgsudgravninger og undersøgelse af prøverne af affaldet er dokumenteret både visuelt, samt gennem manuelle sorteringsforsøg. Under disse (sorteringsforsøg blev prøverne efter tørring screenet ved 10 mm og vejjet. Mængden af træ, papir/pap, tekstil, plast, metal, glas, keramik, sten og "uidentificeret" blev bestemt for hver fraktion >10 mm. De enkelte fraktioner blev efterfølgende analyseret yderligere. Brændværdien, askeindholdet den elementære sammensætning (C, H og N) og halogener (S, Cl, F og Br) blev bestemt (Y. Tielemans et. al 2010).

For at få prøverne af affaldet så repræsentative som muligt, både som funktion af affaldstype (kommunalt og industrielt affald), og som en funktion af deponeringsperioden, blev et begrænset, men veludvalgt antal udgravninger foretaget. Denne metode sikrede, at mindst 75% af det deponerede affald blev vurderet både i type og alder. Figur 4.1 viser, placeringen af udgravningerne på lossepladsen.

Baseret på opgørelsen, er den samlede mængde af deponerede affaldsmængder anslået til 11,3 millioner ton tørstof. Dette omfatter en korrektion for fugtindhold af den oprindeligt lagrede affaldsmængde og nedbrydning af f.eks. husholdningsaffaldet over tid. Den samlede mængde affald på lossepladsen vurderes til 16,5 mio. ton baseret på vægtdata. Den totale mængde af tørt affald er anslået til 12,8 mio. ton under hensyntagen til det gennemsnitlige vandindhold af kommunalt og industrielt affald. Nedbrydningen af det kommunale affald estimeres baseret på en TOC nedbrydningsmodel og resulterer i en resterende 11,3 millioner ton tørstof (Y. Tielemans et. al 2010).

De egenskaber, der er relevante for den materielle og energiske udnyttelse af det opgravede affald blev beregnet på ud fra den kemiske sammensætning og energiindholdet af de enkelte fraktioner. Mængden af finfraktion (<10 mm) er $44 \pm 12\%$ for husholdningsaffald og $64 \pm 16\%$ for industriaffald. Finfraktionen (<10 mm) er en stor del af den samlede mængde oplagret affald. Muligheder for at udnytte og genanvende dette (materiale, energi) er ved at blive yderligere undersøgt (Y. Tielemans et. al 2010).

Et resumé af massebalancen af det deponerede affald som funktion af nyttiggørelses mulighederne, der er blevet identificeret hidtil, er vist i tabel 4.1. Den første søjle viser antagelserne i idéfasen. Den anden kolonne viser resultaterne af karakteriseringsundersøgelsen. Resultaterne passer godt for både WTM (38% versus 44,7%) og WTE (55% mod 47,1%). Forskellen mellem fraktionerne uden udnyttelsesmulighed endnu identificeret, er ubetydelig (7% mod 8,2%) (Y. Tielemans et. al 2010).



Figur 4.1: Placering af de forskellige zoner af Remo lossepladsen og en oversigt over udgravningerne udført under karakteriseringsundersøgelsen

Tabel 4.1: Oversigt over massebalancen Remo lossepladsen som en funktion af nyttiggørelses muligheder

	Concept phase	Characterisation
	Estimates	study
Direct material recuperation	16%	12,1%
Recuperation of material after further treatment	22%	32,6
Energetic valorasation	55%	47,1%
Fraction without a valorasation possibility so far	7%	8,2%

Målet undersøgelsen var at vurdere, om en gennemførelse af den foreslåede materiale udnyttelse er i stand til at blive gennemført ud fra den planlagte oparbejdningsproces.

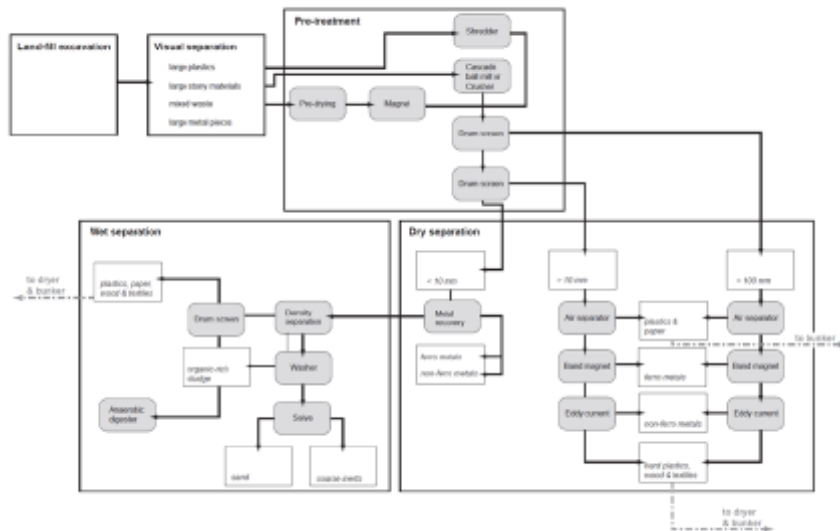
Et flowdiagram over processen er vist i figur 4.2. Materiale udnyttelsestests giver en fuld massebalance med de fysiske og kemiske karakteristika af de separerede fraktioner, herunder den del der skal gå til termisk udnyttelse. Endelig var formålet med testen også, at producere en høj en genbrugsrest med en høj brændværdi (RDF) til brug for et gasplasma anlæg.

Materialet udvundet fra lossepladsen bestod af et parti af kommunalt affald og et parti af industriaffald og stammer fra de samme zoner, hvor prøverne fra karakteriseringsundersøgelsen blev udtaget. Begge partier af affald blev behandlet separat i et sorteringsanlæg, som implementeret de nødvendige procestrin som vist i figur 4.2 (Y. Tielemans et. al 2010).

Disse processer indbefatter:

- Tromle sorterer

- Neddeler
- Vind sigte
- Vaskeanlæg
- Lukket snegle sortering



Figur 4.2: Flowdiagram af CtC projektet.

Resultaterne fra det materialetests er opsummeret i tabel 4.2.

Tabel 4.2: Resultater * materiale tests sammenlignet med karakterisering.

	Material recuperation test	Characterisation study of landfilled waste
Fraction for thermal valorisation	37,6%	36,7%
Recuperated materials (metals, plastics)	6,0%	3,4%
Recuperated materials (inerts)	17,1%	9,4%
Fines (0-4 mm, 0-10 mm)	39,3%	50,4%

*This table is based on the sorted fractions as generated by the material recuperation test. Therefore, it can't be directly compared with Table 1, as it already implements a scenario for all fractions. Instead, intermediate results from the characterisation study have been used to compare the results with the results from the material recuperation test.

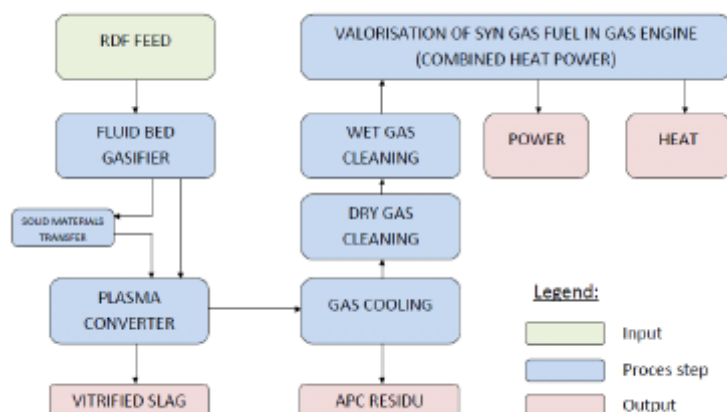
Tabellen sammenligner resultaterne fra potentialeundersøgelsen af industriaffaldet med resultaterne fra en massebalance undersøgelse af det deponerede affald. Resultaterne viser, at den valgte fraktion til termisk udnyttelse er næsten identisk. Den øvre brændværdi af fraktionen som er beregnet til energiudnyttelse anslås til 21,0 MJ/kg tørstof. Gennemsnittet af alle opgravningszonerne blev beregnet til 19,4 MJ/kg tørstof. Analysen af restproduktet (RDF), anvendt under plasmatests viste en øvre brændværdi på 24,6 MJ/kg tørstof (Y. Tielemans et. al 2010).

Størrelsen af finfraktionen, som blev bestemt under materialeundersøgelserne, er lavere end den mængde der blev vurderet i karakteriseringsstudiet. Årsagen er, at materialerne er

screenet ved 0-4 mm, mens karakteriseringsundersøgelsen blev gennemført ved en 0-10 mm sigtning. Det forklarer også, hvorfor flere materialer (inerte materialer, metaller og plast) er blevet udvundet. Det kan konkluderes, at fraktionen 4-10 mm indeholder materiale, der er egnet til materialeudnyttelse. Materialedokumentationen viste, at det er økonomisk fordelagtigt at genanvende materialet fra denne fraktion. Yderligere forskning er til at identificere værdiforølgelsesaktiviteter muligheden for finfraktion fraktionen 0-4 mm.

En teoretisk analyse og afprøvningsprogram er blevet iværksat for at vurdere, om gasplasmateknologien Advanced Plasma Power er en passende teknologisk kandidat til CTC-projektet. Figur 4.3 viser et sammenfattende processkema af Gasplasmaprocesen. En teoretisk model blev udviklet til at vurdere opførslen af gasplasmaet på baggrund af genanvendelsen af det opgravede affald. Dette tillod opførelsen af en masse- og energibalance over processen som helhed, som er de to vigtigste elementer i analysen af anvendelsen af teknologiens potentiale i projektet (Y. Tieleman et. al 2010).

For at validere og verificere modellen, blev der gennemført en test. Denne bestod af to sæt af forsøg (kampagne 1 og kampagne 2). For de to sæt forsøg blev brugt to forskellige slags affald (RDF). Begge udgør en genanvendelig restfraktion af både husholdningsaffald og industriaffald. Kendetegnene for begge typer af RDF er repræsentative for den del der er beregnet til termisk udnyttelse som angivet ved karakterisering og undersøgelsen af det deponerede affald.



Figur 4.3: Oversigt over Gasplasmaprocesen.

Baseret på flere målinger af den nedre brændværdi (NCV) af restproduktet er NCV vurderet at være ca. $19,36 \pm 1,15$ MJ / kg (RDF 1) og 21,49 MJ/kg (RDF 2), begge med et vandindhold af 12%. Netto el-virkningsgrad tager hensyn til partiære belastning af Gasplasma komponenterne. Modelleringsværktøjet bruger metallurgiske data, kemiske reaktioner og ligevægtsbetingelser. Som input til modellen kræves realistiske anlægsdata, der anvendes, f.eks. tilstedeværelse og opførsel af sporstoffer.

Fuldskala teoretiske model forudsagde en netto el-virkningsgrad der spænder fra 25% (baseret på betingelser for kampagne 1) til 30% (baseret på betingelser for kampagne 2). I løbet af test-kørslerne blev der målt en netto el-virkningsgrad på 20% (kampagne 1) og 23% (kampagne 2). En række udførte og observerede målinger fra pilotanlægget, vurderes at

være repræsentative for fuldskalamodelleringen. Endnu højere energi effektivitet energi forventes at være muligt i det fremtidige plasmaanlæg.

Tabel 4.3 viser den fuldstændige massebalance for Gasplasma anlægget. Ca. 90% af asken i RDF vil blive smeltet, tappet fra plasmakonverteren og afkølet til dannelsen af en forglaslet slagge. Denne 90% effektivitet ved plasma-konverteren er baseret på CFD (Computational Fluid Dynamics) modellering. Fra analysen af forglaslet slagge, gennem f.eks. udvaskningsforsøg, kan det konkluderes, at materialet er egnet som brug til opbygning af tilslag eller som erstatning for grus i byggebranchen (Y. Tielemans et. al 2010).

Tabel 4.3: Massebalance – gasplasma process

	Concept phase estimates	Characterisation Study
Direct material recuperation	16%	12.1%
Recuperation of material after further treatment	22%	32.6%
Energetic valorisation	55%	47.1%
Fraction without a valorisation possibility identified so far	7%	8.2%

Process stage	Mass in (tons)	Mass out (tons)
Gasplasma		
Refuse derived fuel	1,000	
Oxygen	0,549	
Water for steam	0,272	
Nitrogen	0,043	
Natural gas	0,001	
Plasmarok		0,183
Metals		0,005
Gas clean up		
Sodium bicarbonate	0,004	
Activated carbon	0,000	
Nitrogen	0,009	
Water	0,002	
Gas clean-up reagents	0,011	
APC residue		0,024
Aqueous off-take		0,401
Power generation		
Air	9,142	
Urea	0,001	
Exhaust		10,421
Total		
	11,034	11,034

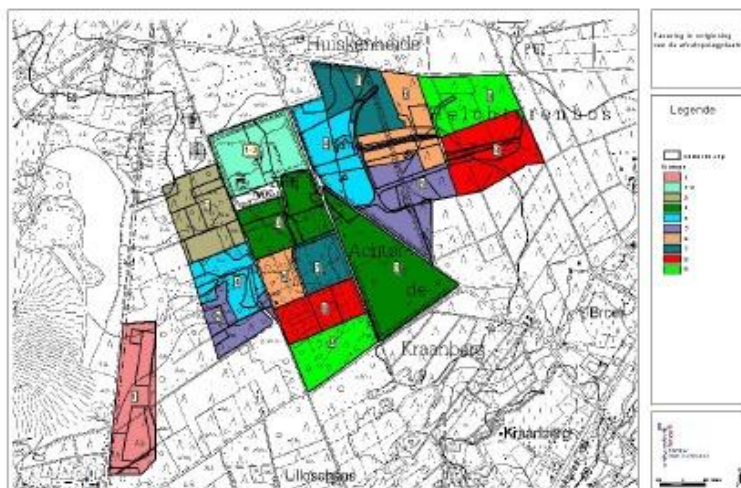
Stabiliteten af Gasplasmateknologien blev demonstreret ved en række testkørsler på 75 timer. I løbet af disse kørsler blev begge RDF batches anvendt, og viste en tilfredsstillende robusthed af systemet under prøvekørslerne.

Det blev undersøgt, om de lokale naturforhold efter gennemførelsen af projektet kan opfyldes på en bæredygtig måde baseret på de gældende abiotiske betingelser for lossepladsens nuværende vegetation, og er en del af det samlede projektforslag. Der er gennemført en undersøgelse af opgravningens virkning på vegetation og levesteder, herunder opgravningen indvirkning på bevarelsesmål for den foreslåede vision under og efter gennemførelsen af projektet.

Metoden fokuserede på potentialer for nyttiggørelse af tør hede og tørre kiselholdige græsarealer, som var til stede på stedet i 1950'erne og 60'erne. Løv- og nåletræer skov samt krat var til stede på det tidspunkt. Potentialer for realisering af de påtænkte bevarelsesmål under og efter udvinding af lossepladsen blev bedømt ud fra de abiotiske forhold i naturtyper eller levesteder. Jordvariabler som tekstur, pH, organisk stof og næringsstoffer (NO_3^- , NH_4^+ , og P-PO_4^{3-}) og grundvandsniveau blev brugt til at vurdere potentialer for habitat rehabilitering. Jordanalyser blev udført på det aktuelle top lag på lossepladsen til at bestemme potentialer i jord til habitat rehabilitering efter endt opgravning og landfill mining (P.T. Jones et. al 2013).

I alt blev der udtaget 23 jordprøver af top laget fordelt over forskellige steder på anlægget. Fem jordprøver blev taget som referenceprøver i omkringliggende områder med hede eller klitter. Indholdet af organisk stof blev bestemt ud over pH- H_2O og pH-KCl. Ammonium og nitrat blev bestemt med FIA efter ekstraktion med KCl og NaHCO_3 , ekstraherbar fosfor blev brugt som indikator for fosfat i jorden. Muligheden for de tilsigtede levesteder blev dømt på baggrund af disse abiotiske variable. Det nuværende øverste lag i områder med tør hede og tørre kiselholdige græsarealer med vegetation, tilbyder det nødvendige potentialer til at genoprette naturtypen psammofilic hede, tør hede eller tørre kiselholdige græsarealer i den opgravede del af lossepladsen. Figur 4.4 viser et muligt scenario fordelt på 9 faser. I dette scenario vil zonerne blive opgravet fra den nordvestlige del mod sydøstlige retning (P.T. Jones et. al 2013).

Tabel 4.4 viser forskellen i området, udtrykt i ha pr. naturtype i de forskellige faser af projektet (fra år 1 til år 20) i forhold til målet. Denne øvelse viser, at ud over den midlertidige tab af levesteder, kan økotop balancen sikres, hvilket resulterer i en nettostigning på mere end 9 ha ved afslutningen af projektet i forhold til den nuværende situation.



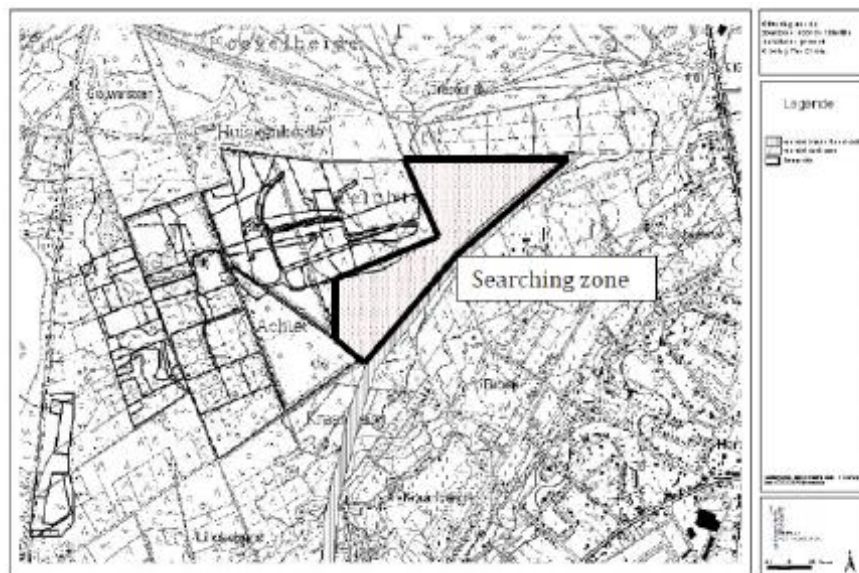
Figur 4.4: landfill mining opgravningsfaser i CtC projektet

Tabel 4.4: Området (ha) pr. naturtype i de forskellige faser (år) af projektet baseret på visionen om naturbeskyttelse

Target type (Year)	1-2	3-4	5-7	8-9	10-11	12-13	14-15	16-17	18-19	20
Acidophous oak woods dominated by birch	-10,64	-7,64	-3,78	-9,16	-7,05	-7,05	-6,51	-1,42	-9,08	1,05
Wooded Green-land	-1,23	-2,71	-1,29	-1,65	-1,62	-2,71	-1,21	-1,21	-1,21	-1,79
Agrostis grass-land	0,00	-6,21	-0,21	2,09	2,09	2,09	2,09	2,09	2,09	2,09
Dry heath/Nardogalion grass-land	0,00	0,00	-14,06	-0,06	-0,06	-2,34	-2,34	-2,34	-2,34	0,66
Water/Swamp	1,72	1,72	2,59	5,33	00,4	2,69	0,39	0,39	-4,54	-1,56
Woods	-0,22	-0,22	-0,22	-0,22	-0,22	-1,23	-1,49	-1,49	-0,39	1,61
Roughs	0,00	0,00	0,00	-0,22	-1,23	-1,49	-1,65	-1,65	-1,65	0,35
Open sand	0,00	-0,48	-0,48	-0,48	-0,48	-1,98	-2,47	-2,47	-2,92	0,08
Total	-10,37	14,87	14,87	-4,38	-8,96	-10,65	-7,01	-7,01	-20,14	9,19

Forundersøgelsen er desuden vurderet en mulig placering for de midlertidige ELFM faser (zoner) på Remo lossepladsen. Kriterierne for valg af dette sted for gennemførelse og drift er flg.:

- Begrænse påvirkningen på miljøet og de omkringliggende beboere.
- Begrænse transportafstanden. Zonerne er vist i figur 4.5, og lokaliseringen vil medføre mindst påvirkning på lokalsamfundet, det omgivende miljø og dets indbyggere.



Figur 4.5: 'Zoner' for ELFM projektet på Remo lossepladsen

Målet med carbon footprint undersøgelse af var at kvantitativt undersøge, om CTC-projektet ville have en betydelig netto CO₂ fordel, i forhold til et "o scenario". Dette blev gjort ved hjælp af Bilan Carbon tilgangen, som sammenlignede CO₂-balancen af "o scenariet" med CTC scenario. Bilan Carbon-metoden er udviklet til at estimere drivhusgasser (beskrevet som CO₂- ækvivalenter (CO₂-eqv) og tager det globale opvarmningspotentiale for de forskellige gasser i betragtning) knyttet til de fysiske processer, der er nødvendige for aktiviteten, uanset hvor og hvordan disse forekommer som emissioner. Stedet for produktionen af emissionen ignoreres, på grund af den tid som drivhusgasser forbliver i atmosfæren. De emissioner der tages i betragtning, er naturligvis dem, der opstår direkte i forlængelse af processen f.eks. emissioner der skyldes forbrænding af gas eller brændselolie i en kedel, der ejes af virksomheden. Men denne metode omfatter også emissioner, der forekommer andetsteds, som følge af processerne. Figur 4.6 viser emissionerne, der tages i betragtning i denne tilgang. Metoden indebærer, at forskellen i energi og materialer, der ikke er produceret af CtC scenariet vil blive produceret på markedet i "o scenariet". Ved en sammenligning af Carbon footprint af begge scenarier får man en idé om, hvilket scenario der er mest anvendeligt i forhold til en reduktion af drivhusgasemissionerne.

Den endelige konklusion af undersøgelsen er, at for at producere den samme mængde energi og materialer, viser det samlede niveau for udledningen af drivhusgasser fra CtC projektet at være væsentligt lavere end for "o scenarie": dvs. 5,3 Mton CO₂-eqv sammenlignet til 6,3 Mton CO₂-eqv, eller 15% mindre udledning af drivhusgasser. Følsomhedsanalysen viste, at denne konklusion fortsat er gyldig, for de fleste af de undersøgte parametre. Fordelen opnås ved at undgå afbrænding af primære fossile brændstoffer for både el- og varmeproduktion, og til fremstilling af forskellige materialer, der genanvendes i CtC scenariet (P.T. Jones et. al 2013).

Desuden nås dette resultat uden hensyntagen til nogen form for opsamling og -lagring (CCS). ELFM konsortiet undersøger forskellige veje til at binde, bruge eller opveje de producerede CO₂-udledninger fra WTE anlægget:

- Modregning i CO₂ (medium potentiale): Udvikling af alkaliaktiveringsløsninger fra genbrugsmaterialer kan erstatte regelmæssig (carbon intensive OPC baseret cement), hvorved der spares på netto CO₂-udledning
- Brug af CO₂ som et råmateriale (lav til medium potentiale): CO₂ befrugtning af drivhuse til produktion af grøntsager. Varmen og nogle af den producerede CO₂ fra den energi udnyttelsen vil blive tilført til et 50 hektar store drivhuse, hvor grøntsager vil blive dyrket. Dette resulterer i netto besparelser på primær fossil energi til opvarmning af drivhuse. Samtidig mineral karbonering af alkaliske ELFM rester.
- Geologisk Carbon Capture og Storage i Campine bassinet (stort potentiale): CO₂ adskilt fra off-gas af den energi udnyttelses som anlægget kan bruges i forbindelse med et Enhanced Coal Bed Metan (ECBM) nyttiggørelse fra Campine kul lag. I dette scenarie anvendes CO₂ til at skylle metan fra kul lagene. Under denne proces er CO₂ bundet på kul matrix og delvis lagret i sandstenslag. Denne proces vil indebære en netto opbevaring og immobilisering af CO₂ inden den dybe undergrund.



Figur 4.6: Metode som bruges til at sammenligne "o scenariet" med CtC-scenariet

Under CtC projektets konceptfase blev foretaget på en række antagelser, efterprøvet og bestemt. I løbet af valideringsfasen blev forskellige undersøgelser af centrale områder CtC projektet udført for at validere de indledende antagelser. Disse undersøgelser omfattede en karakteriseringsundersøgelse af affaldet fra lossepladsen, vurdering af genanvendelsespotentialer, termiske værdiforøgelsesaktiviteter tests vha. Gasplasma teknologien, en forundersøgelse om bevaring af natur potentiale, og endelig et carbon footprint undersøgelse. Resultaterne af disse undersøgelser valideret de konceptuelle antagelser og dermed muligheden for at etablere og gennemføre i CtC-projektet (P.T. Jones et. al 2013).

Yderligere forskning er fortsat en nødvendig for at CtC projektet bliver til virkelighed. I et stort forskningsprojekt skal der arbejdes videre med flg. aspekter:

- En robust behandling af tidligere deponeret og heterogene affaldsstrømme
- Innovative metoder til at konvertere affaldsstrømme til nye byggematerialer
- Energiudnyttelse af affald vha. plasmateknologi, der fokuserer på den integrerede optimering af energiudnyttelse
- Et beslutningsværktøj til at beslutte, om en materialestrøm bør anvendes i en WTE eller en WTM proces.

Samtidig vil CtC projektet fortsat arbejde videre med:

- Konceptuel, planlægning og detaljeret ingeniørarbejde
- Indhente de relevante og nødvendige tilladelser og godkendelser
- Fjerne ikke-tekniske forhindringer vha. en tilgang om samarbejde.

CtC projektet er et ambitiøst, innovativ og per definition bæredygtigt projekt. Gennem samarbejde med strategiske videnspartnere og forskningsinstitutter i et ELFM konsortium, samarbejdes der om, at udvikle nye affaldshåndteringsteknologier der bidrager til overgangen fra den lineære til den cirkulære økonomi.

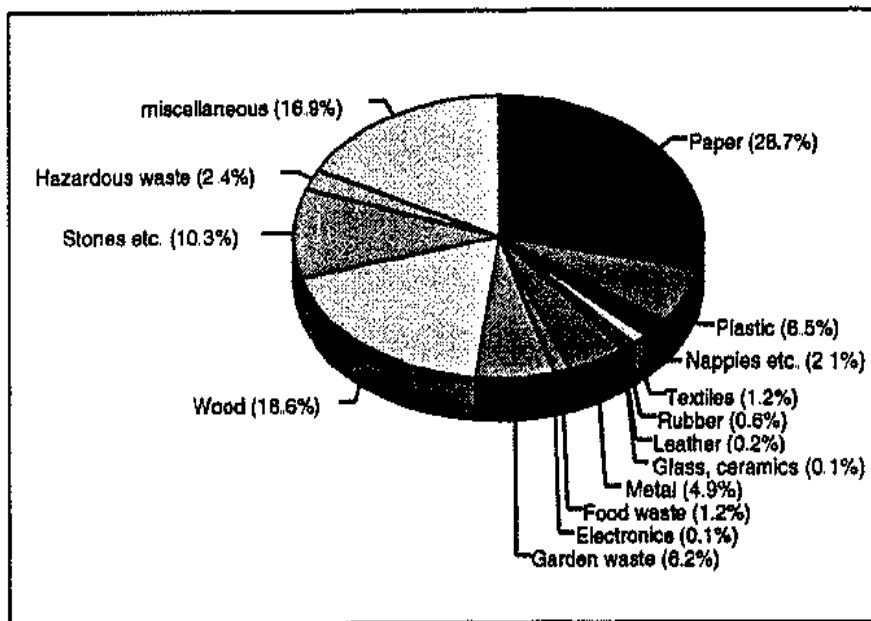
4.2 Måsalycke Losseplads (Sverige)

Måsalycke losseplads er beliggende i den sydøstlige del af Sverige, og den blev åbnet i begyndelsen af 1970'erne, hvor flere ældre lossepladser i området blev lukket ned. Måsalycke losseplads har i øjeblikket været under undersøgelse vedrørende forøgelse af sin størrelse til at op- fylde behovene i det 21. århundrede. Lossepladsen modtager affald fra kommunerne Simrishamn og Tomelilla, og det samlede befolkningsgrundlag var 33.000 i 1996. I samme år modtog lossepladsen ca. 28.000 ton affald, heraf 5000, som var genanvendelige materialer. Der er gennemført flere testopgravninger, som dækker forskellige dele af lossepladsen og repræsenterer affald fra forskellige år (Hogland 2002).

Under udgravningen af lossepladsen blev observationer gjort med hensyn til typen og sammensætningen af affaldet. Volumen af gruben blev målt regelmæssigt såvel som temperaturen, mængden af metan i luften og ledningsevnen/resistivitet af perkolatet. Det usorterede materiale blev først vejlet og derefter taget til sorteringsanlægget. Materialet blev ført ind i sorteren. Tre størrelsesfraktioner blev opnået: <18 mm, 18-50 mm og >50 mm. De forskellige fraktioner blev opsamlet i containere, som blev vejlet når den var fuld. Repræsentative prøver blev taget fra forskellige lag af det udgravede deponi og sendt til analyse på et akkrediteret laboratorium (Hogland 2002).

Sammensætningen af affald i den nuværende of Måsalycke er domineret af papir (28,7%), træ (18,6%) og "diverse" (16,9%, som vist i figur 4.7. Den dominerende del af den sidstnævnte fraktion er en blanding af organisk og uorganisk materiale og kan anses for at være en jordfraktion eller udefinerbare materialer (Hogland 2002).

Prøver fra den groveste fraktion (> 50 mm) indeholdt store mængder af træ og papir, der tilsammen udgør ca. 50% af fraktionen. Den mellemstore fraktion (18-50 mm) indeholdt sten og udefinerbare jordlignende materiale, mens den fine fraktion indeholdt et tørvelignende materiale med nogle små affaldsstykker (Hogland 2002).



Figur 4.7: Sammensætning af det opgravede affald (Hogland 2002)

En stor del af prøverne bestod af fine partikler, der ligner jord, og denne fraktion betegnes "diverse". Ud over jord og sand indeholder denne fraktion delvis nedbrudte partikler af papir og haveaffald, og nogle små partikler af glas og metal. I tabel 4.5 ses sammensætningen af den grove fraktion (>50 mm) fra forskellige dybde af lossepladsen (Hogland 2002).

Tabel 4.5: Sammensætning af prøver fra den grove fraktion (>50 mm) opnået ved screening affald fra forskellige dybde s af Måsalycke Losseplads (Hogland 2002).

Coarse fraction >50 mm distribution, %					
Depth	0,5-2 m	2-4 m	4-6 m	6-8 m	
Fraction	>50 mm	>50 mm	>50 mm	>50 mm	Mean
	%	%	%	%	%
Paper	36,64	42,99	22,90	12,27	28,7
Plastic	7,01	6,77	7,45	4,92	6,5
Nappies, san, towels	2,51	4,68	0,73	0,48	2,1
Textiles	1,54	0,90	0,84	1,55	1,2
Rubber	2,47	0,00	0,01	0,03	0,6
Leather	0,81	0,00	0,02	0,00	0,2
Glass, ceramics	0,06	0,00	0,23	0,13	0,1
Metal	3,08	6,45	6,55	3,40	4,9
Food Waste	1,50	1,89	1,46	0,06	1,2
Electronics	0,00	0,10	0,23	0,00	0,1
Garden waste	7,38	4,48	7,80	4,97	6,2
Wood	17,95	17,78	29,44	9,38	18,6
Stones, etc.	5,59	3,49	8,01	23,91	10,3
Hazardous waste	0,45	0,30	3,39	5,33	2,4
Miscellaneous*	13,01	10,16	10,93	33,57	16,9
Sample wt. kg.	49,4	40,2	102,0	78,9	
* Fine Fraction					

Groft materiale, der var for stort til at sætte ind indføre i sorteren blev fjernet, for ikke at forårsage skade på maskineriet (Hogland 2002).

Tabel 4.6: Materiale fundet i den grove fraktion, der blev fjernet, før screening (Hogland 2002)

Material	Volume (%)
Metal	55
Rubber	30
Wood	10
Other	5

I forbindelse med projektet, er det målet jorden skal genanvendes, den organiske fraktion skal sendes til bioforgasning i en bioreaktor til energiproduktion, og udvikling af en ny prototype af en shredder til at neddele plast og til produktion af polyplanker. Polyplanker er et system af plastplanker og træfibre. Målet er at kunne producere nye byggematerialer fra plastaffald som findes i udgravede lossepladser (Carius et. al 1999, Hogland et al 2001).

Generelt steg mængden af forureninger med dybde af pladsen, men mange stoffer er fundet ved højere koncentrationer i en dybde på 6 m end ved bunden af lossepladsen i 9 m. En årsag kan være, at området deponeringsanlæg udgravet var relativt tørt og nedsivning og infiltration af vand gennem materialet har været lav, hvilket også resulterede i lav nedbrydning. Affaldsmaterialet blev udtaget tilfældigt og analyseret med hensyn til vandindhold som% tørstof (DS), askeindhold, brændværdi og den kemiske sammensætning som vist i tabel 4.7 (Hogland 2002).

Tabel 4.8: Analyseresultater fra den sorterede fraktion fra Måsalycke landfill. (Hogland 2002)

Fraction	DS %	Ash % DS	Cal Value MJ/kg	C %	N %	H %	Ptot mg/kg DS	Hg mg/kg DS
18-50 mm (2-4 m)	75,8	95,9	-0,2	32,2	0,5	4,3	1600	1,8
18-50 mm (6-8 m)	77,7	89,3	1,0	38,0	0,5	5,0	1200	0,3
<18 mm (2-4 m)	77,5	90,2	0,4	6,6	0,3	0,9	820	0,3
<18 mm (6-8 m)	71,2	87,3	0,9	19,2	0,5	1,3	1500	0,2
Bottom	79,5							0,0029
Fraction	Cd mg/kg DS	Pb mg/kg DS	Cr mg/kg DS	Ni mg/kg DS	Cu mg/kg DS	Zn mg/kg DS	As mg/kg DS	
18-50 mm (2-4 m)	1,2	120	31	14	42	480	<0,9	
18-50 mm (6-8 m)	1,1	90	33	10	41	510	<1,0	
<18 mm (2-4 m)	0,9	270	47	15	34	230	<0,4	
<18 mm (6-8 m)	1,2	110	78	14	38	180	<0,4	
Bottom	0,1	47	4,7	3,1	5,5	91,0	<0,2	
* No analyses were made on the coarse fraction								

Fugt og densitetsmåling fra de øverste og de nederste lag af udgravningen blev ligeledes målt og analyseret.

Tabel 4.9: Fugt og densitetsmåling fra de øverste og de nederste lag af udgravningen (Hogland 2002)

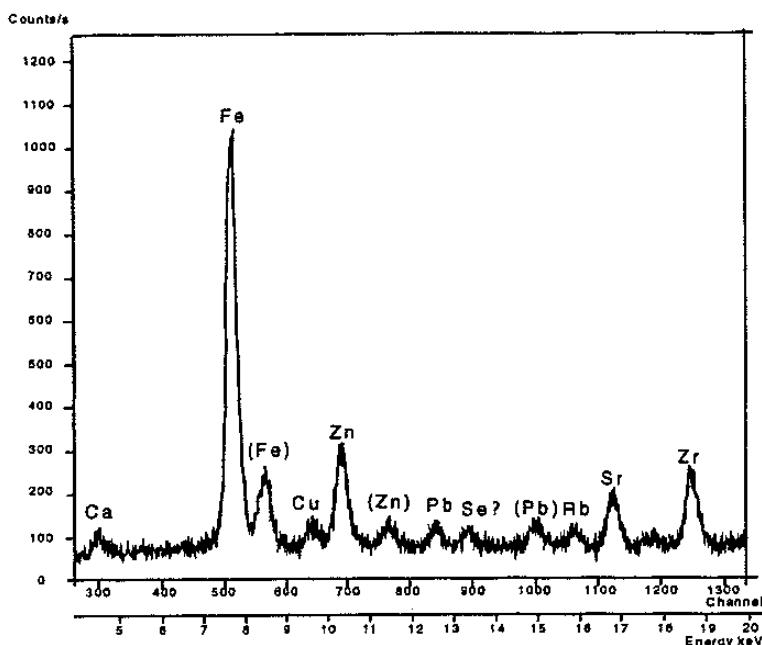
		Moisture (%)	Density Wet material Kg/m ³	Density Dry material Kg/m ³
0 – 0,55 m	Covering material uppermost	4	1282	1227
9 - 9,5 m	Bottom	17	1358	1133

Det kan ses, at fugtindholdet af afdækningslaget samt bunden var forholdsvis lavt. De fundne affaldsmaterialer var ikke særlig nedbrudte og ingen metan produktion blev registreret.

Tungmetalindholdet af de screenede prøver blev bestemt ved anvendelse spektralanalyse (XRF-måling) som vist i tabel 4.10 og figur 4.8

Tabel 4.10: Analyse Resultater af de sorterede fraktioner fra Måsalycke deponi (Hogland 2002)

Sample	Layer	As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Fine fraction <18 mm	0,5-2 m	<30	<10	<50	<50	<50	70	690
Medium fraction 18-50 mm		<30	<10	<50	<50	<50	70	1000
Fine fraction <18 mm, sample taken from under conveyor belt	2-4 m	<30	<10	<50	<50	<50	80	690
Fine fraction <18 mm, sample taken from under conveyor belt	2-4 m	<30	<10	<50	<50	<50	90	890
Medium fraction 18-50 mm	2-4 m	<30	<10	<50	<50	<50	30	260
* X-ray fluorescence, X-met 920 (Metorex Oy), isotopes ²⁴⁰ Am (cadmium only and ¹⁰⁹ Cd (other metals) measuring time 200 s								



Figur 4.8: Examples from the spectral analysis (Hogland 2002)

I de øverste lag, 0,5-2 m og 2-4 m, var koncentrationerne af tungmetaller lave. Kun koncentrationen Zn i den grove fraktion varierede mere end den gjorde i de to andre fraktioner. Bortset fra de metaller, der er anført i tabel 4.10, blev andre metaller, hovedsagelig Fe, Sr, Zr, Rb, Ca og Ba blev fundet. Ingen uventede resultater blev registreret (Hogland 2002).

Selvom affaldsmateriale producerede en var meget lille mængde af perkolat, kunne der udtages prøver og analyseret (tabel 4.11). Måsalykke lossepladsen er i metanfase og perkolatdannelse er typiske for deponeringsanlæg i metanfase. Metanfase er karakteriseret ved meget lave koncentrationer af flygtige fedtsyrer, neutral/basisk pH, lavt BOD, lavt BOD/COD-forhold, højt indhold af NH₄.

Tabel 4.11: Sammensætning af perkolat (mg/l) målt i 3 dybder (m under overfladen) i gravefronten på Måsalykke (Hogland 2002)

Analysis	2 m	6 m	9 m	Uncertainty Measurement (%)	Spinosa et al 1991 Stegman and Ehrig 1989*	Flyhammar 1995 **
Conductivity 25°C mS/s	315	541	701	5		242-295
pH	7,0	7,3	7,3	0,2	7,5-9,0 (8)	7,2-7,4
Cl mg/l	83	390	600	5	20-550 (2100)	305-313
NO ₃ mg/l	0,79	0,61	0,82	5-10		0,055-4,5
NH ₄ mg/l	150	450	540-540	5-15	30-3000 (750)	35-42
Total N mg/l	180	610	950	5-14	50-50000 (1250)	95-46
Fe mg/l	150	130	350	5-10	3-280 (15)	21-14
Mn mg/l	2,3	2,9	9,9	2-10	0,03-45 (0,07)	5,7-1,69
S mg/l	15	27	70	-		
COD Cr mg/l	5700	4200	9400	5-10	500-4500 (3000)	909-723
BOD ₇ mg/l	290	180	1900	10	20-550 (180) BOD ₅	476-148
Total P mg/l	25	24	19	7-9	0,1-30 (6)	3,3-1,5
B mg/l	1,4	1,0	2,4	2-5		
Al mg/l	120	85	77	2-10		
Cd mg /l	0,096	0,019	0,024	5-25	0,0005-0,140 (0,006)	0,069-0,196
Cu mg/l	0,49	0,75	0,43	2-5	0,004-1400 (0,080)	0,027-0,037
Co mg/l	0,058	0,089	0,098	2-5		
Cr mg/l	0,16	0,36	0,26	2-5	0,030-1600 (0,300)	0,067-0,051
Ni mg/l	0,13	0,27	0,14	2-5	0,020-2050 (0,200)	0,068-0,044
Pb mg/l	1,7	2,8	1,4	2-10	0,008-1.020 (0,090)	0,420-0,061
Zn mg/l	65	8,1	10	2-5	0,030-4 (0,600)	0,360-0,313
Hg mg/l	0,75	4,6	10	7-10		1300-51
As mg/l	42	<0,2	<0,2	-		
* Characterization of leachate when landfill is in the methanogenic phase, mean values are given in parentheses after Spinosa et. al (1991) Stegman and Ehrig (1989) ** Characterization of leachate characterization from Swedish landfills with an age of 5 years and older , after Flyhammar 1995						

I nyere eller unge lossepladser dannes forbindelser såsom fedtsyrer, aminosyrer og carboxyl-syrer. Perkolatet i denne fase er karakteriseret ved: høje koncentrationer af flygtige fedtsyrer, en sur pH, høj BOD, høj BOD/COD-forholdet, højt indhold af NH₄ og organisk N (Montelius 1996). På grund af den heterogene karakter af affald, såsom sur perkolat vil fortsat produceres kontinuerlig i flere år efter bortskaffelse (Hogland 2002).

Det opgravede materiale blev fugtet med perkolat fra lossepladsen. Sorteret materiale fraktion 18-50 mm blev fyldt tilbage i celle 1 og usorteret materiale i cellen 2. Cellerne blev designet i en enkel og omkostningseffektiv måde. Temperatur, metan og flow blev målt i rør som var etableret i cellerne. Produktionen af gas fra deponeringsanlæg i det udgravede materiale begyndte umiddelbart efter tilbageførslen af affaldet til deponiet. Metanindholdet blev målt til omkring 50- 57% i det sorterede materiale med et flow på 8-17 l/min og 38/57% i usorterede fraktion med flow på 2-13 l/min. I celle 2 var gaskoncentrationen meget lav

efter 3 måneders gasproduktionen. I fraktionen sorteret affald var gasproduktionen mere stabil og fortsatte over 1,5 år. Det er sandsynligt gasproduktionen faldt på grund af affaldsmaterialet tørrede op. Desuden var forventet en højere produktion af metan i celle 1 (Hogland 2002).

4.3 Pohlsche Heide "TönsLM projektet" (Tyskland)

I september 2012 blev der igangsat et forsknings- og udviklingsprogram i Tyskland med landfill mining som tema. Programmet skulle køre over en 3-årig periode. Både selve udgravningen, behandlingsstrategier og muligheder for at recirkulere og genanvende de materialer som graves ud skulle undersøges og evalueres (Münnich et. al. 2013).

Hovedfokus var rettet mod metaller og plast/materialer med et højt energiindhold. Dog var ikke målsætningen at producere et RDF-materiale, men at benytte materialet som en sekundær råvare. For metallerne var det meningen ikke kun at benytte magnetseparation, men også at benytte andre metoder hentet fra traditionel mine- og udgravningsdrift. Projektet ønsker i størst mulig grad at reducere den mængde affald der skal gendeposeres. Derfor blev der benyttet fines/jord som separeres ud vha. en vaskeproces hvor der tilsættes vand for at øge kvaliteten af affaldet så de kunne anvendes som konstruktionssmaterialer (Münnich et. al. 2013).

De første udgravninger blev gennemført på deponiet Pohlsche Heide (Nordrhein-Westfalen) som ligger i nærheden af Hannover. Deponiet repræsenterer et areal på 270.000 m³ med affald som blev deponeret i perioden 1988-2005. Lossepladsen drives af de kommunale affaldsanlæg i kommunen Minden-Lübbecke, som er partner i TönsLM-projektet.

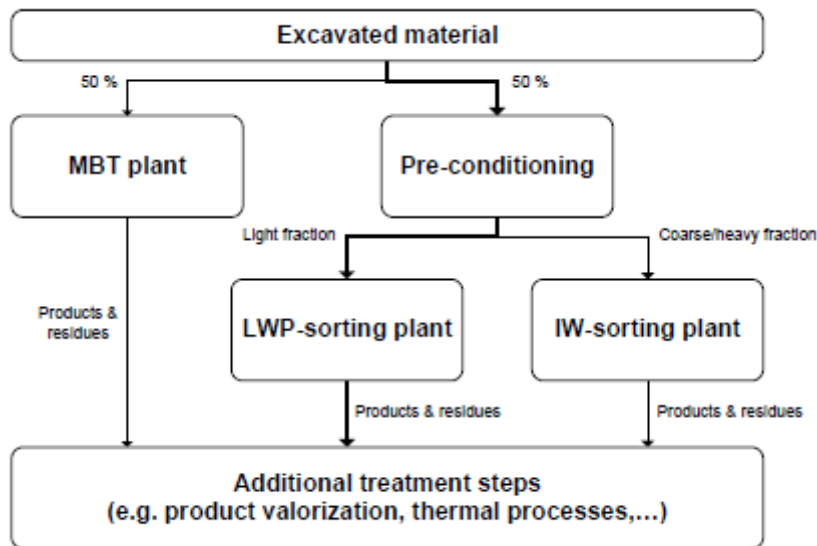
Formålet med forskningsprojektet "TönsLM" var, at vise, at der er en teknisk mulighed for at skabe værdifulde materialer med forbedrede behandlingsprocesser. For at nå dette blev der udviklet forskellige teknikker. Blandt andet et forbehandlingsanlæg bestående af mobile behandlingsenheder og et emballagerensningsanlæg der blev benyttet til udførelse opskalere behandlingsforsøg. (Maul 2016).

I tre forskellige områder af lossepladsen blev der taget prøver og nedenstående tabel 4.12 opsummerer historikken for de 3 områder, der indgik i prøverne.

Tabel 4.12: Tidspunkt for deponering "Pohlsche Heide".

Landfill area	Disposal time
Area 1	1988-1991
Area 2	1991-1997
Area 3	1992-1995

Da deponeringen fandt sted for mere end 20 år siden, antages det, at hovedparten af den organiske fraktion allerede var nedbrudt og omsat til finkornet materiale. Det største del materiale (<60 mm) var en jordlignende fraktion med lavt indhold af værdifulde materialer. Tidligere undersøgelser har vist, at mængden af finfraktionen kan være så helt op til 80% (Maul 2016). I TönsLM-projektet var den gennemsnitlige mængde fines (<60 mm) ca. 72%.



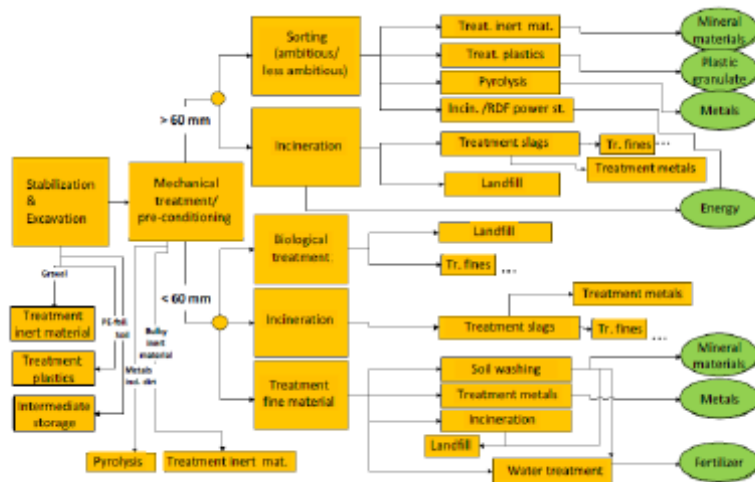
Figur 4.9: Strukturen af "TönsLM" projektet

For at finde ud af affaldssammensætningen i deponiet, blev der indledningsvist gennemført syv prøveboringer. Finfraktionen (<40 mm) blev analyseret med tanke på fortsat biologisk aktivitet og koncentrationer af metaller. Koncentrationen af Cu i finfraktionen har et gennemsnit på om ca. 450 mg/kg TS. I kobbermalm er koncentrationen typisk i området 10000-20000 mg/kg. Fire af målingerne af Cu ligger i dette område (Münnich et. al. 2013).

Der blev iværksat tre prøveudgravninger med et areal på 2600 m³ hver. Måling af VOC dokumenterede at det kun var nødvendig med passiv ventilation efter at affaldet var gravet op. Beskrivelsen dækker ikke resultaterne fra den videre håndtering af affaldet. Et flowdiagram som beskriver oparbejdning affaldet (se Figur 4.10).

Til forskel fra andre projekter som retter sig mod en optimal udgravning og genanvendelse af affald fra deponiet, var der afsat tid til stabilisering efter udgravning. Hertil er taget højde for en biologisk behandling af affald som har en partikelstørrelse <60 mm. Et andet vigtigt punkt er rensning af vaskevandet fra jordvask og evt. brugen af dette affald til som et middel til jordforbedring. Foruden jordforbedringsmiddel er der lagt op til fire forskellige fraktioner som resultat fra udgravningen:

- Mineraler/materialer
- Plast/granulat efter behandling af plasten
- Metal
- Energi



Figur 4.10. Flowdiagram for opgravet affald fra deponiet (Münnich et. al. 2013).

Resultatet fra udgravningerne viste at indtægten ved salg af de sekundære råvarerne ikke dækkede omkostningerne til udgravningen, behandling af de opgravede materialer eller afhændelse af affaldet som ikke kunne genanvendes. Der er i det samme projekt gennemført en beregning af forskellige scenarier i forbindelse med udslip af losseplads- og klimagas i forbindelse med landfill mining. Resultaterne viser, at det er først ved en fuldstændig oparbejdelse/genanvendelse af affaldet som er gravet op, at klimaregnskabet kommer ud med et reduceret CO₂-regnskab. Dette er blandt andet illustreret i Figur 4.10.

4.4 Pilot Region Styria (Østrig)

For at vurdere muligheden for landfill mining i Østrig er et forskningsprojekt kaldet "Landfill Mining Austria – Pilot region Styria" initialiseret af Montanuniversitaet Leoben i samarbejde med forskellige parter og regeringen i Styria. Dette projekt skal give indsigt i teknologien og økonomien ved landfill mining, som kan anvendes til stor skala forsøg i fremtiden.

I løbet af projektet, skal det grundlæggende koncept for en økonomisk og juridisk vurdering af landfill mining herunder udvikle egnede værktøjer til vurdering og til at udvikle en økonomisk model for beslutningstagning (www.eurelco.org)

Sammenfattende har projektet identificeret følgende mål:

- Indsamle data om mængder, typer og sammensætningen af affald deponeret på lossepladser i Styria regionen.
- Undersøgelse og præsentation af ressource potentiale for udvalgte lossepladser.
- Definere en eller flere pladser som kan være egnet til en eventuel opgravning.
- Indsamle data om eksisterende og afprøvede teknologier og undersøge deres egenskaber til mining.
- Udtage repræsentative prøver og karakterisering af de deponerede materialer med hensyn til mængde og kvalitet.

- Bestemmelse af den faktiske sammensætning af affald og dets indflydelse på sorteringsteknologier.
- Repræsentation af den virkelige brugbare indhold og evaluering af mængden og kvaliteten af genvundne materialer.
- Udvikling af økonomiske forretningsmodeller og markeder for nyttiggørelse og rekruttering af potentielle kunder.
- Bruge resultaterne af undersøgelserne for indførelse af ny lovgivning i Østrig for at lette brugen af gamle lossepladser som sekundære råvarerlagre i fremtiden

Afhængigt af de opnåede resultater, koncepter og projekter, behandling, sorterings- og genanvendelsesteknologier, processer til oparbejdning af sekundære råmaterialer, normative og juridiske krav (forordninger, direktiver og love) og forretningsmodeller for deponeringsanlæg vil disse blive vurderet og evalueret. Gennemførelsen af projektet vil blive realiseret i form af en tre-trins proces (fundamental analyse, dataanalyse og evaluering), som kan ses i figur 4.11 (Wolfsberger 2016).

To forskellige lossepladser er blevet udvalgt til at bestemme ressourcepotentialer og indflydelsen af forbehandling inden bortskaffelse:

- Losseplads 1 (LFS 1) indeholdende ikke-behandlet affald, og
- Losseplads 2 (LFS 2) indeholdende mekanisk biologisk behandlet (MBT) affald.

Udvælgelsen var baseret på definerede kriterier (som infrastruktur, ingen capping eller god tilgængelighed). Undersøgelser omfattede udgravning, prøvetagning og manuel sortering af affaldet. Udvalgte REM (Retrieving recyclables and Energy-recoverable Materials) fraktioner blev kemisk karakteriseret til, at vurdere tilgængeligheden af udgravet affald til brug som SRF og identificere, hvordan forbehandling af affald påvirker (REM kvaliteten (Wolfsberger 2016)).

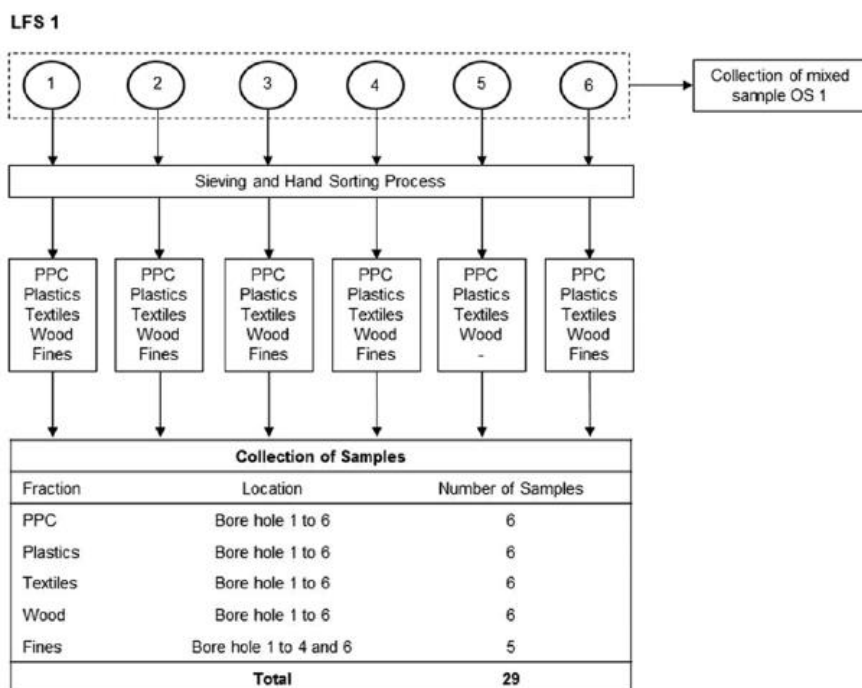
Losseplads 1 (LFS 1) er placeret i Niederösterreich og har været anvendt til deponering af husholdningsaffald fra 1982 til 2003. Lossepladsen strækker sig over et areal på næsten 78.000 m² og er opdelt i fire celler. Affald fra LFS 1 er ikke blevet behandlet før deponering. Seks steder er blevet udvalgt til detaljeret undersøgelse af affaldssammensætning i celle to. Området indeholder ca. 141.158 tons husholdningsaffald deponeret mellem 1990 til 2000. Boringer (diameter på 80 cm) blev gennemført i april 2013 med dybder varierende mellem 7 og 18 m. Prøver blev taget fra hver anden meter i overensstemmelse med ASI (2002). I alt ca. 3,5 tons affald blev indsamlet fra 32 prøver (deres vandindhold varierer mellem 29 % og 55 %; gravimetrisk bestemmelse overholder ASI (2007), med et volumen på 240 L hver (affaldets rå massefylde ~ 0.5 t m⁻³) og sigtes med en maskestørrelse på 40 mm, og blev sorteret i følgende fraktioner:

- Jern og ikke-jernholdige metaller,
- Glas,
- Mineraler (som beton, sten),
- PPC,
- Plast,
- Træ,
- Tekstiler,

- Kompositmaterialer (som bleer),
- Problematiske stoffer (som batterier), andre (ligesom skummaterialer) og
- Sorteringsrest (nedbrudt og uspecificerede materialer, der ikke kunne visuelt identificeret).

Manuel sortering blev gennemført i overensstemmelse med ÖNORM S 2097 (ASI, 2005a).

Losseplads 2 (LFS 2) er placeret i delstaten Styria og har været i drift siden 1979. Det har primært været brugt til deponering af husholdningsaffald indtil 2004, efterfulgt af en deponering slagge og aske fra affaldsforbrænding. En væsentlig del af husholdningsaffaldet er blevet forbehandlet med en MBT proces, før deponering på lossepladsen (ca. 72 % 1979-1984 og 55 % 1985-1988). Affaldet er blevet makuleret i MBT anlæg og sigtet med en masketørrelse på 80 mm. Jern er blevet adskilt fra affaldet med en magnetisk separator. Store materialer eller storskrald (som er modtaget) er blevet deponeret direkte. Sigte "underløb" er blevet blandet med spildevandsslam (årligt mgd.: ca. 5 % leveret husholdningsaffald), udsat for aerob biologisk behandling (ca. 24 % af leveret husholdningsaffald mellem 1979 og 1984 og 18 % mellem 1985 og 1988), og derefter deponeret som MBT stabiliseret kompostlignende materiale. Deponiet dækker et areal på ca. 10 hektar, der er opdelt i fire celler, med celle 1 og 2 indeholder MBT og storskrald deponeret mellem 1979 og 1988. 50 testopgravninger er gennemført i celle 1 og 2 i en afstand af 25 m og en dybde på 5-6 meter for at undersøge området korrekt og for at få repræsentative prøver affald. Efter udgravning, er 14 blandprøver udtaget med et vandindhold mellem 36 % og 50 % (Wolfsberger 2016).

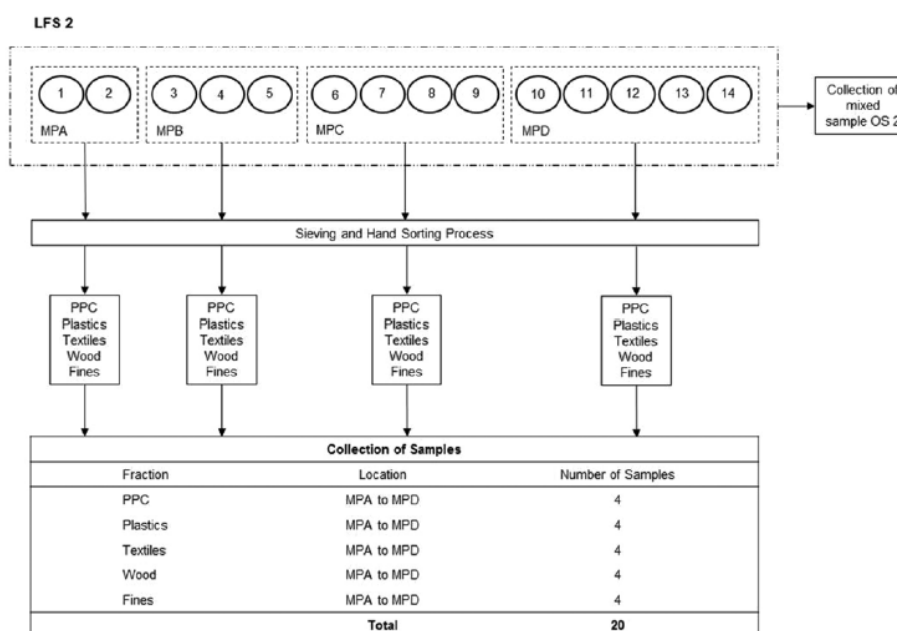


Figur 4.11. Indsamling af prøver fra LFS 1. LFS: deponeringsanlæg; PPC: papir, pap og karton.

Prøver fra testudgravninger i en 25 × 25 m grid er blevet blandet og neddelt med en gravemaskine. Omkring 500 til 700 kg af hver blandet prøve (8,3 t i alt) er blevet sigtet med en maskestørrelse på 40 mm. Sigte overløb (~ 20 %) og si underløb (~ 80 %) er blevet manuelt sorteres bagefter. Sorteringen er et repræsentativt udsnit og syntes derfor tilstrækkeligt til karakterisering. En prøve på 1,5 tons (6,7 tons i alt) er taget og sorteret i overensstemmelse med ÖNORM S 2097 (ASI, 2005a) og affaldet adskilt i de tidligere nævnte fraktioner i overensstemmelse med den østrigske forbundsregering affaldslovgivning (BMLFUW, 2011).

Som allerede nævnt, har den kemiske karakterisering haft fokus på energiudnyttelse fra særligt REM (brug som SRF) i henhold til østrigske lovgivning. Derfor, for at få et første indtryk af prøvernes kvalitet (en blanding af alle former for affald), er blandede prøver fra LFS 1 (OS 1) og LFS 2 (OS 2) blevet analyseret, i overensstemmelse med BMLFUW (2002), og følgende parametre bestemmes: Nedre brændværdi (NCV), antimon (Sb), arsen (As), bly (Pb), cadmium (Cd), chrom (Cr), Kobolt (Co), nikkel (Ni) og kviksølv (Hg). De affaldsfraktioner af PPC, plast, træ, tekstiler og finfraktion (Mindre end 20 mm) er blevet udvalgt til detaljeret gennemgang for at lære mere om spredningen af tungmetaller i den udgravede blandede prøve (OS 1 og OS 2), og at se, om SRF kunne inddrives fra REM. Total organisk kulstof (TOC) værdier af finfraktionen er blevet yderligere undersøgt for at indhente oplysninger om graden af nedbrydning (Wolfsberger 2016).

Prøverne er taget i overensstemmelse med ÖNORM S 2127 (ASI, 2011). Med hensyn til LFS 1, prøver af PPC, plast, træ, tekstiler og finfraktion er individuelt fra hver borehul (med undtagelse af finfraktionen) efter sigtning og manuel sortering (se figur 4.11), hvilket resulterer i seks prøver af fraktionerne PPC, plast, træ og tekstiler (fra borehuller 1 til 6) og fem prøver af finfraktion (fra borehuller 1 til 4 og 6), eller 29 prøver i alt. Vedrørende LFS 2, til fire laboratorieprøver på fraktionerne PPC, plast, træ, tekstiler og finfraktion havde opnået fra de 14 blandede prøver (se figur 4.12) (Wolfsberger 2016).



Figur 4.12. Indsamling af prøver fra LFS 2. LFS: deponeringsanlæg; PPC: papir, pap og karton.

De enkelte fraktioner opnået fra sigte- og manuel sortering af de blandede prøver 1 og 2 (MPA) 3, 4 og 5 (MPB) 6, 7, 8 og 9 (MPC) samt 10, 11, 12, 13 og 14 (MPD) er blevet kombineret til dette formål (20 prøver i alt). To blandede prøver er forberedt til analyserne af OS 1 fra LFS 1 og OS 2 fra LFS 2 (se figur 4.11 og 4.12), der består af materiale fra borehuller 1 til 6 (LFS 1) og MPA til MPD (LFS 2).

Indholdet af tungmetaller er blevet vurderet i overensstemmelse med ASI (2005b) ved hjælp af induktivt koblet plasma massespektrometri (ICP-MS). At etablere sammenlignelighed med kravene i den østrigske deponeringslovgivning (BMLFUW, 2008), er tungmetalindholdet af finfraktion blevet analyseret i overensstemmelse med ANSI (2005c) ved at anvende ICP-MS.

TOC-værdier er blevet undersøgt i overensstemmelse med ASI (2001) med en TOC-analysator (forbrændingsenhed med infrarød detektion). Nedre brændværdi er beregnet i overensstemmelse med GIS (2000) ved at anvende bombe kalorimetri. For at vurdere, om materialerne kan passe som SRF, målingerne opnåede er efterfølgende blevet sammenlignet med grænseværdierne i tabel 4.13. Hver parameter bestemt er blevet genberegnet til dette formål og relateret til dets NCV.

To specifikationer fra BMLFUW (2002) er blevet yderligere overvejet for at sammenligne resultaterne med grænseværdierne.

Østrigsk lov fastsætter, at median og 80. percentil skal beregnes, hvis mere end fem måleværdier for affald er til rådighed (at tage hensyn til statistiske afvigelser). Både median og 80. percentil skal holde sig under grænseværdierne i BMLFUW (2002) og vist i tabel 4.13, hvis affaldet formodes at blive brugt som SRF.

Bestem den aritmetiske middelværdi, hvis der er mindre end fem måleværdier til rådighed. Juridiske bestemmelser betyder, at denne middelværdi ikke må overstige grænseværdien for medianen og heller ikke nogen måleværdi må overskride grænsen for den 80. percentil. Observere disse specifikationer, er median og 80. percentil er beregnet på grundlag af en analyse af PPC, plast, træ, tekstiler og finfraktion fra LFS 1 (seks målinger i alt) for hver fraktion affald. Som for LFS 2, er fire målinger taget (MPA til MPD); middelværdien er blevet genereret og sammenlignet med grænseværdierne.

De opnåede resultater for affald fra LFS 1 (sammenfattet for alle 32 undersøgte prøver) og fra LFS 2 (vist separat for celle 1 og 2) er angivet i tabel 4.13. Materialer > 40 mm (dvs. si overløb) udgør ca. 32 % for LFS 1 og 16-23 % for LFS 2. Derfor er den del af materialer <40 mm (er si underløb) kan fastsat til omkring 68 % (LFS 1) og 77-84 % (LFS 2), henholdsvis. Det højere indhold af finfraktion (<40 mm) i LFS 2 kan forklares ved den mekaniske-biologiske forbehandling af affald inden bortskaffelse (Wolfsberger 2016).

Tabel 4.13: Sammenfattet resultater for sammensætningen af sigte overløb og underløb af de deponerede materialer ved LFS 1 og 2 (vægt %).

Waste material	LFS 1			LFS 2			LFS 2		
	Compartment 2			Compartment 1			Compartment 2		
	Coarse	Fines	Total	Coarse	Fines	Total	Coarse	Fines	Total
Minerals	3.4	6.6	5.6	5.0	1.7	2.2	12.3	4.4	6.2
Glass	0.3	1.4	1.0	0.6	0.5	0.5	0.2	0.8	0.7
Metals	10.8	1.9	4.7	6.1	1.8	2.5	3.1	2.1	2.3
Wood, leather, rubber	16.9	5.9	9.4	7.7	1.5	2.5	7.8	1.9	3.3
Plastics	32.2	11.6	18.2	40.2	12.5	16.9	40.0	19.5	24.2
PPC	3.5	3.0	3.2	7.1	1.1	2.1	4.9	1.0	1.9
Textiles	13.8	1.9	5.7	12.6	1.4	3.2	13.8	3.2	5.6
Composites	9.9	1.0	3.8	8.3	0.3	1.6	9.3	0.7	2.7
Problematic substances	0.1	0.1	0.1	0.3	0.2	0.2	0.5	0.0	0.1
Others	2.0	1.1	1.4	7.8	0.1	1.3	5.0	0.3	1.4
Sorting residue	7.0	65.6	46.8	4.2	79.1	67.1	2.9	66.0	51.5
Resource potential (REM)	91	33	52	88	21	32	91	34	47
Non-recyclables	9	67	48	12	79	68	9	66	53
Further information									
Sieve size	40 mm			40 mm			40 mm		
Fines (w%)	68			84			77		
Period of filling	1990–2000			1979–1984			1985–1988		
Maturity of waste (years)	13–20			24–30			25–29		

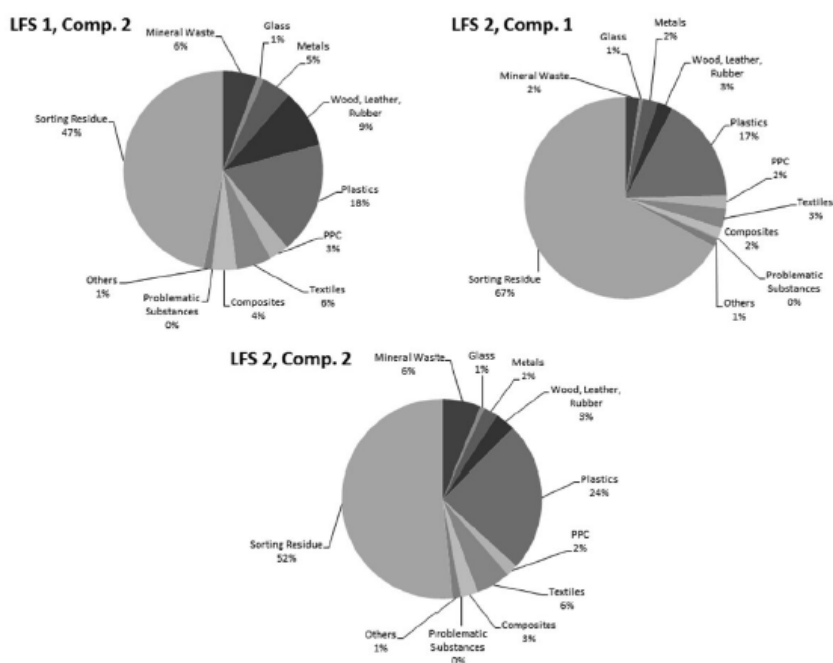
LFS: landfill site; PPC: paper, paperboard and cardboard; REM: recyclables and energy-recoverable materials.

Undersøgelsen har vist, at ressourcepotentialet (dvs. summen af REM) i grove fraktion af LFS 1 er ca. 91 % vs. 88–91 % for LFS 2. Begge lossepladser består hovedsageligt af tekstiler og plast. Med hensyn til indflydelsen af forbehandlingen af affald på ressourcepotentialet inden bortskaffelse, er der ikke observeret signifikante forskelle mellem de dele af mineraler, glas, plast, PPC, tekstiler og kompositmaterialer i de grove fraktioner. Der er forskelle for jern og ikke-jernholdige metaller, såvel som for træ, som kan henføres til den magnetiske separation og biologisk behandling gennemført på LFS 2. Størrelsen af REM i finfraktion blev målt som 33 % for LFS 1 og 21–34 % for LFS 2, hvilket indikerer en meget lavere potentiel ressource end for grove fraktioner. Ingen signifikante forskelle (og derfor ingen indflydelse på forbehandlingen) i dele af affaldet er fundet ved at sammenligne resultater fra LFS 1 og LFS 2. del af ikke- genanvendeligt (dvs. summen af de problematiske stoffer, andre og sortering fraktioner rest- koncentrationer) tilføjer op til ca. 9 % i den grove fraktion og 67 % i finfraktion for LFS 1 og 9–12 % i den grove fraktion og 66–79 % i finfraktion for LFS 2; Det består hovedsagelig af sorterings- rest. Med hensyn til den store mængde af ikke- genanvendeligt i begge lossepladser, den sam- lede potentielle ressource (dvs. den samlede REM i grove fraktion og finfraktion) er 52 % for LFS 1 og 32–47 % for LFS 2. blev observeret, at især PPC, plast, træ, læder, gummi, tekstiler og komposit synes at være egnet som forbrændingsegnet eller medforbrænding (SFR), omkring 40 % fra LFS 1 og 26–38 % fra LFS 2 kan anvendes i energiudnyttelse (se figur 4.13). I alt 11 % (LFS 1) og 5–9 % (LFS 2) henholdsvis synes at være egnet til materialelegenvinding (sammenlægning af mineraler, glas og metaller fraktioner) (Wolfsberger 2016).

Resultaterne af de kemiske analyser af OS 1 og OS 2 er vist i tabel 4.14. De opnåede til OS 1 og OS 2 viser en høj grad af kraftig forurening i resultater fra begge deponier. Materialer som er forbehandlet inden bortskaffelse, der blev udvundet fra LFS 2 ser ud til at indeholde endnu højere dele af tungmetaller (mg kg⁻¹ DM) end de ubehandlede materialer fra LFS 1. Resultaterne af bly, cadmium og kviksølv i OS 2 overstiger resultaterne fra OS 1 med mere

end dobbelt så meget. Derimod er nikkelindholdet i de ubehandlede materialer fra LFS 1 mere end tre gange højere end det indhold, der findes i LFS 2. Da nikkel ofte bruges i legeringer, er dets tilstedeværelse formentlig medføre højere mængden af jern i LFS 1 (magnetisk adskillelse på LFS 2 før deponering). Bly er blevet brugt i mange produkter som glas, akkumulatorer, malerier, folier, kabelisolering-, plast eller elektroniske enheder (Stahl, 2002; UBA, 2009). Cadmium kan findes i batterier og blev også anvendt i farvepigmenter og som stabilisator i plast (Stahl, 2002; UBA, 2009). Kviksølv er en almindelig del af elektrisk udstyr, termometre, porcelæn eller desinfektionsmidler (Stahl, 2002).

Da begge lossepladser indeholder MSW (husholdningsaffald) dog variationerne i bly, cadmium og kviksølv er nævnt ovenfor, kan ikke tilskrives forskelligt indhold deponering helt. Det er imidlertid kendt, at forurening koncentrerer sig om små stoffer på grund af deres højere specifikke overfladeareal. Højere indholdet af tungmetaller i OS 2 kan formentlig tilskrives den mekaniske-biologisk behandling der er anvendt inden bortskaffelse, som øger andelen af finfraktion i LFS 2 (Wolfsberger 2016).



Figur 4.13. Sammensætning af LFS 1 (celler 2) og LFS 2 (celler 1 og 2), herunder finfraktionen. LFS: Losseplads stedet; PPC: papir, pap og karton.

Tabel 4.14: Resultater af den kemiske karakterisering til OS 1 (LFS 1, celler 2) og OS 2 (LFS 2, celler 1 og 2).

Parameter	OS 1	OS 2	OS 1	OS 2
	mg kg ⁻¹ DM	mg kg ⁻¹ DM	mg kg ⁻¹ DM	mg kg ⁻¹ DM
NCV (kJ kg ⁻¹ DM)	10,900	10,750	-	-
Sb	22	33	2	3
As	13	33	1,2	3,1
Pb	250	1.420	23	3.1
Cd	4,9	13,5	0,45	1.26
Cr	150	360	14	33
Co	10	21.5	0.9	2.0
Ni	580	15.5	53	15
Hg	0.4	7.65	0.037	0.712

DM: dry matter:
NCV: net caloric value

Målingerne af OS 1 og OS 2 er blevet genberegnet (se ligning (1)), for at vurdere, om udgravet MSW kan sidestilles med SRF. Sammenligning giver ikke et klart billede af egnethed, fordi kun én prøve pr deponeringsanlæg er blevet analyseret, hvilket ikke efterlader chance for at opdage statistiske afvigelser (såsom median, 80. percentil). Målingerne af materialerne overstiger de specificerede grænser. Især i OS 2, målingen overstiger næsten alle grænseværdier (undtagen antimon), så OS 2 kan ikke bruges som SRF i cement, eller andre medforbrændingsanlæg. På grund af et højt indhold af nikkel i OS 1, kan grænseværdien ikke overholdes for cement, og andre medforbrændingsanlæg, der ville være i overensstemmelse med BMLFUW (2002).

De analytiske resultater af OS 1 viser, at grænseværdierne for andre medforbrændingsanlæg også overskrides: Både bly- og cadmium-værdier til brug i cement, magt og andre medforbrændingsanlæg og kobolt værdi for energi- og andre medforbrændingsanlæg (Wolfsberger 2016).

Resultater af undersøgelsen af PPC, plast, træ, tekstiler og finfraktion fraktioner er sammenfattet i tabel 4.15 og tabel 4.16, vist for LFS 1 og LFS 2 hver, at give oplysninger om fordelingen af tungmetaller i OS 1 og OS 2. Målingerne viser en jævn fordeling af tungmetaller i materialer fra LFS 1, med undtagelse af cadmium og bly hvis højeste koncentrationer er fundet i plast, tekstiler og finfraktion fraktioner. Fordelingen af bly i tekstiler blev bekræftet af Stahl (2002), der erklærede, at koncentrationen af bly i tekstiler var tre gange højere end i andre affaldsfraktioner af husholdningsaffald, og er meget lig de opnåede resultater svarende til dem i Stahl (2002) for koncentrationen af cadmium i plast. Derimod Stahl (2002), at indholdet af bly i plast er lavt (Wolfsberger 2016).

Resultaterne i materialer udvundet fra LFS 2 tyder på en heterogen fordeling af antimon, arsen, nikkel og kviksølv, samt cadmium og bly, der viser de højeste koncentrationer i plast og finfraktion, mens PPC og træ har lavere forureningsniveauer. Chrom synes at være

koncentreret i tekstiler, fordi resultatet af analysen viser værdier, som er mere end dobbelt så høj som for andre fraktioner (Wolfsberger 2016).

Sammenligning af resultaterne (se figur 4.14) viser, at de tungmetal resultaterne af PPC, plast, tekstiler og finfraktion i LFS 2 er mange gange højere end LFS 1. Væsentlige variationer kan observeres i koncentrationen af bly. Træ fraktioner fra begge lossepladser synes at være mindst forurenet, hvorimod fraktion af små partikler synes at være en af de mest forurenet (især i LFS 2). Finfraktionen til gengæld klistrer sig til andre affaldsfraktioner som urenheder (som det er blevet bemærket under manuel sortering). Derfor kan der observeres kontaminering af alle affaldsfraktioner, hvilket forringer kvaliteten af opgravede materialer.

Da finfraktion tilsyneladende i høj grad påvirker kvaliteten af REM er denne fraktion blevet nærmere under- søgt. En mulig forklaring på den store forskel i tungmetalindholdet af finfraktion fra LFS 1 og LFS 2 er højere nedbrydning i LFS 2 på grund af biologisk behandling i MBT anlæg og alderen af affaldet. I dette tilfælde ville TOC værdi for finfraktion fra LFS 2 nødt til at være meget lavere end for LFS 1.

Imidlertid analyseresultaterne viser TOC-værdier mellem 10% og 20% for Finfraktionen fra LFS 1 og ca. 10-16% for finfraktion fra LFS 2. Lidt højere TOC-værdier kan findes for finfraktion i kun LFS 1. Denne høje afvigelse af indholdet af tungmetaller ikke helt forklares ved en højere grad af nedbrydning i LFS 2. Derfor analyseresultater tyder på, at forbehandling af affald inden bortskaffelse har produceret ekstra tungmetal mobilisering i den undersøgte losseplads, fordi udvaskning processer er blevet fremmet af mekanisk findeling (mere affald har været til rådighed). Disse tungmetaller kan have været akkumuleret på finfraktion (høj specifik overflade område), hvilket fører til øget forurening af materialer fra LFS 2. Der er en påvirkning af spildevandsslam på koncentrationen af tungmetaller i MBT-stabiliseret, kompostlignende materiale deponeret i undersøgt deponering. Imidlertid har tungmetaller i spildevandsslam, der var blevet transporteret til LFS 2 i perioden fra 1979 til 1988 (Wolfsberger 2016).

For at besvare spørgsmålet om, hvorvidt udgravet affald kan erstatte primære energiressourcer, er analyseresultaterne blevet sammenlignet med grænseværdierne (se tabel 4.13). I betragtning af BMLFUW (2002) krav, har grænseværdierne for SRF fra LFS 1-materiale (PPC, plast, træ, tekstiler og finfraktion) i cement eller forbrændingsanlæg ikke været overskredet. En lille overskridelse af grænseværdien i arsen skal tages i betragtning ved vurderingen af brugen af finfraktionen i andre kombinerede forbrændingsanlæg. Med hensyn til resultater af materialer fra LFS 2 (se tabel 4.16), er næsten ingen målte værdier i overensstemmelse med alle de regulerede grænser i henhold til tabel 4.13. Affaldsfraktioner af PPC, plast, tekstiler og finfraktionen viser høje overskridelser af bly, cadmium, krom, kobolt og kviksølv således at ingen af disse materialer fra LFS 2 synes velegnet til anvendelse som SRF. Fraktionen træ er mindst forurenet, mens bly og cadmium værdier overskrider grænserne ubetydeligt. Det antages, at blyindholdet i denne fraktion (træ fra LFS2 og LFS1) kan tilskrives bly som, der har været almindeligt anvendt som træbeskyttelsesmiddel i fortiden (Falk et al., 2005). Målingerne opfylder ikke medianen, og heller ikke resultaterne for prøven MPC overholder den juridiske 80. percentil, derfor kan træfraktionen ikke tildeles klassificeringen som SRF (Wolfsberger 2016).

Tabel 4.15: Resultater af den kemiske karakterisering af udvalgte affaldsfraktioner fra prøve 1 til 6 fra LFS1.

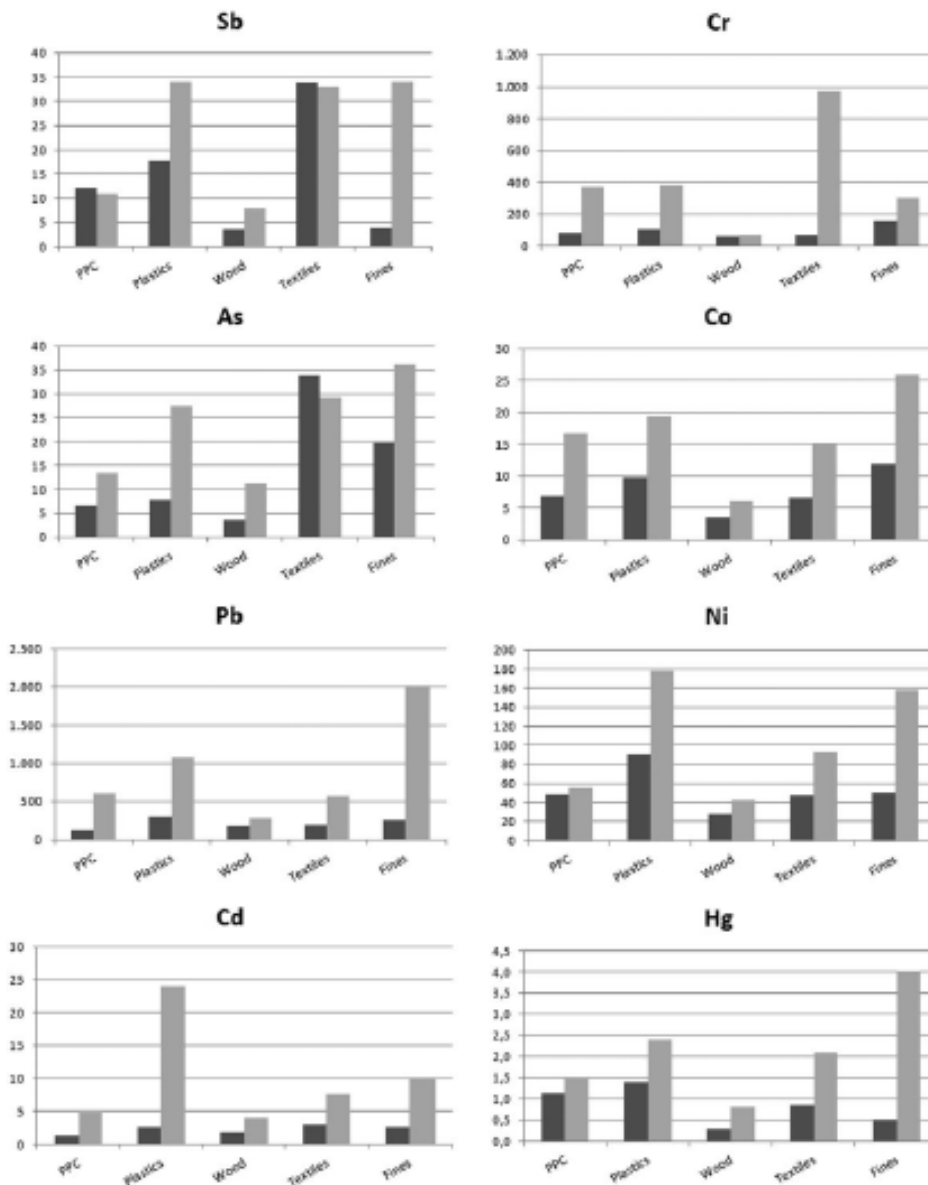
Parameter	LFS 1 (compartment 2)												Median	80th percentile
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	Mg MJ ⁻¹ DM	
	Mg kg ⁻¹ DM (NCV in kJ kg ⁻¹ DM)						Mg MJ ⁻¹ DM							
PPC														
NCV	14,500	10,200	13,100	16,100	9500	9200	-	-	-	-	-	-	-	-
Sb	21	12	22	4	7.2	6.4	1	1	2	0	1	1	1	1
As	4.6	9.4	5.5	2.7	9	8.8	0.3	0.9	0.4	0.2	0.9	1.0	0.7	0.9
Pb	140	220	61	42	130	170	10	22	5	3	14	18	12	18
Cd	3.2	1.3	0.69	0.99	1.2	0.92	0.22	0.13	0.05	0.06	0.13	0.10	0.11	0.13
Cr	61	95	80	20	100	110	4	9	6	1	11	12	8	11
Co	6.3	10	5.8	2.1	9.1	7.8	0.4	1.0	0.4	0.1	1.0	0.8	0.6	1.0
Ni	82	55	45	16	40	51	6	5	3	1	4	6	5	6
Hg	5	0.76	<0.25	<0.25	<0.25	0.3	0.345	0.075	0.019	0.016	0.026	0.033	0.075	0.075
Plastics														
NCV	19,700	18,000	21,300	19,500	29,500	22,800	-	-	-	-	-	-	-	-
Sb	22	12	22	11	16	24	1	1	1	1	1	1	1	1
As	7.1	8.9	8	9.1	5.1	8.9	0.4	0.5	0.4	0.5	0.2	0.4	0.4	0.5
Pb	190	600	200	180	310	350	10	33	9	9	11	15	10	15
Cd	1.1	1.2	2	8	1	2	0.06	0.07	0.09	0.41	0.03	0.09	0.07	0.09
Cr	78	130	120	87	65	150	4	7	6	4	2	7	4	7
Co	7.7	7.9	8.4	16	7.5	11	0.4	0.4	0.4	0.8	0.3	0.5	0.4	0.5
Ni	23	51	63	170	160	72	1	3	3	9	5	3	3	5
Hg	0.63	2.2	0.37	1.2	3.5	0.54	0.032	0.122	0.017	0.062	0.119	0.024	0.062	0.119
Wood														
NCV	19,000	18,700	23,300	16,600	17,000	17,200	-	-	-	-	-	-	-	-
Sb	3	2.1	3.5	4.7	4.4	3.5	0	0	0	0	0	0	0	0
As	3.9	5	3.9	3.4	3.3	5	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2	0.3
Pb	90	98	430	110	260	130	5	5	18	7	15	8	7	15
Cd	0.83	0.56	<0.50	5	1.1	1	0.04	0.03	0.01	0.30	0.06	0.06	0.06	0.06
Cr	37	53	76	38	77	100	2	3	3	2	5	6	3	5
Co	2.9	4.6	3.5	3.1	3.7	3.8	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Ni	13	30	26	32	23	43	1	2	1	2	1	3	1	2
Hg	<0.25	0.36	<0.25	0.32	0.25	0.25	0.013	0.019	0.011	0.019	0.015	0.015	0.017	0.019
Textiles														
NCV	23,900	25,000	21,400	19,100	17,200	15,600	-	-	-	-	-	-	-	-
Sb	1.8	28	4.5	3.6	73	92	0	1	0	0	4	6	1	4
As	<2.5	7.4	4.7	4.3	6.1	11	0.1	0.3	0.2	0.2	0.4	0.7	0.3	0.4
Pb	58	210	120	81	200	530	2	8	6	4	12	34	7	12
Cd	0.74	2	1.3	2.7	3.4	8.4	0.03	0.08	0.06	0.14	0.20	0.54	0.11	0.20
Cr	23	120	58	48	65	95	1	5	3	3	4	6	3	5
Co	1.6	9.3	4.5	6.4	8.1	9.8	0.1	0.4	0.2	0.3	0.5	0.6	0.4	0.5
Ni	6.8	64	40	69	62	46	0	3	2	4	4	3	3	4
Hg	1.8	1.8	<0.25	<0.25	0.45	0.59	0.075	0.072	0.012	0.013	0.026	0.038	0.055	0.072
Fines (<20 mm)														
NCV	9000	4400	5700	4700	-	5000	-	-	-	-	-	-	-	-
Sb	3	4	6.1	3.6	-	3.1	0	1	1	1	-	1	1	1
As	16	21	23	21	-	18	0.7	0.8	1.1	1.1	-	1.2	1.1	1.2
Pb	240	140	570	230	-	110	10	6	27	12	-	7	10	20
Cd	1.6	4.8	2.5	3.4	-	0.84	0.07	0.19	0.12	0.18	-	0.05	0.12	0.19
Cr	130	140	170	150	-	170	5	6	8	8	-	11	8	10
Co	6.6	12	17	11	-	13	0.3	0.5	0.8	0.6	-	0.8	0.6	0.8
Ni	45	51	60	45	-	52	2	2	3	2	-	3	2	3
Hg	0.54	0.42	0.4	0.43	-	0.6	0.023	0.017	0.019	0.023	-	0.038	0.023	0.031

DM: dry matter; LFS: landfill site; NCV: net calorific value; PPC: paper, paperboard and cardboard.

Tabel 4.16: Resultater af den kemiske karakterisering af udvalgte affaldsfraktioner fra prøve MPA til MPD fra LFS2.

Parameter	LFS 2 (compartment 1 and 2)									
	MFA	MPB	MPC	MPD	Mean	MFA	MPB	MPC	MPD	Mean
	Mgkg ⁻¹ DM (NCV in kJ kg ⁻¹ DM)					MgMJ ⁻¹ DM				
PPC										
NCV	12,600	12,800	12,800	14,800	13,250	–	–	–	–	–
Sb	12	15	9.4	5.8	11	1	1	1	0	1
As	15	14	19	5.6	13.4	1.2	1.1	7.5	0.4	1.0
Pb	540	680	900	290	603	43	53	70	20	45
Cd	3.3	9	5.1	2.3	4.9	0.26	0.70	0.40	0.16	0.37
Cr	120	110	700	550	370	10	9	55	37	28
Co	11	14	34	7.7	16.7	0.9	1.1	2.7	0.5	1.3
Ni	57	51	73	40	55.3	5	4	6	3	4
Hg	1.2	1.2	2.6	1	1.5	0.095	0.094	0.203	0.068	0.113
Plastics										
NCV	18,900	18,000	13,000	12,500	15,600	–	–	–	–	–
Sb	15	26	41	52	34	1	1	3	4	2
As	28	29	30	23	27.5	1.5	1.6	2.3	1.8	1.8
Pb	880	1320	830	1300	1083	47	73	64	104	69
Cd	14	39	19	24	24.0	0.75	2.17	1.46	1.92	1.54
Cr	260	400	490	380	382.5	14	22	38	30	25
Co	15	15	19	29	19.5	0.8	0.8	1.5	2.3	1.3
Ni	120	92	130	370	178	6	5	10	30	11
Hg	2.5	2.8	2.2	1.9	2.4	0.132	0.156	0.169	0.152	0.151
Wood										
NCV	15,200	15,600	14,100	16,000	15,225	–	–	–	–	–
Sb	7.3	2.6	13	8	8	0	0	1	1	1
As	17	7.9	12	8	11.2	1.1	0.5	0.9	0.5	0.7
Pb	370	380	250	130	283	24	24	18	8	19
Cd	2.8	3	8.7	1.6	4.0	0.18	0.19	0.62	0.10	0.26
Cr	58	45	70	90	66	4	3	5	6	4
Co	7.2	4.8	7.8	4.9	6.2	0.5	0.3	0.6	0.3	0.4
Ni	67	32	41	30	42.5	4	2	3	2	3
Hg	0.84	0.61	0.66	0.93	0.8	0.055	0.039	0.047	0.058	0.050
Textiles										
NCV	12,700	11,300	14,900	15,500	13,600	–	–	–	–	–
Sb	42	28	31	32	33	3	2	2	2	2
As	31	38	29	19	29.3	2.4	3.4	1.9	1.2	2.2
Pb	460	560	780	480	570	36	50	52	31	42
Cd	9.2	6.2	7.3	7.5	7.6	0.72	0.55	0.49	0.48	0.56
Cr	2000	500	1060	320	970	157	44	71	21	71
Co	15	16	17	12	15.0	1.2	1.4	1.1	0.8	1.1
Ni	91	110	86	85	93	7	10	6	5	7
Hg	2.5	2	2	2	2.1	0.197	0.177	0.134	0.129	0.156
Fines (<20 mm)										
NCV	4500	4600	4000	3900	4250	–	–	–	–	–
Sb	57	27	26	25	34	4	2	2	2	2
As	40	38	35	32	36.3	3.1	3.4	2.3	2.1	2.7
Pb	2280	1500	3300	1000	2020	180	133	221	65	149
Cd	12	18	4.7	5	9.9	0.94	1.59	0.32	0.32	0.73
Cr	320	230	270	370	298	25	20	18	24	22
Co	23	21	24	36	26.0	1.8	1.9	1.6	2.3	1.9
Ni	170	130	150	180	158	13	12	10	12	12
Hg	9.2	3	1.7	2	4.0	0.724	0.265	0.114	0.129	0.292

DM: dry matter; LFS: landfill site; NCV: net calorific value; PPC: paper, paperboard and cardboard.



Figur 4.14: Tungmetal indhold af udvalgte affaldsfraktioner fra LFS 1 (venstre kolonne) og LFS 2 (højre kolonne) i mg kg⁻¹ DM (aritmetiske middelværdier). PPC: papir, pap og karton

4.5 Kuopio, Lohja, Kujala og Ämmässuo lossepladser (Finland)

De fire undersøgte lossepladser er opsummeret i tabel 4.17. Deponeringsanlæggene er alle kommunale pladser beliggende i forskellige kommuner. Ämmässuo losseplads, i Helsinki-regionen betragtes som et stort deponi som fortsat bruges aktivt til deponering. Kujala er også et forholdsvis stort anlæg beliggende i det sydlige Finland, mens Lohja og Kuopio må betragtes som middelstore lossepladser beliggende i det hhv. sydlige og østlige Finland. Der er i pilotprojekterne brugt lidt forskellige fremgangsmåder i forbindelse med sortering på de forskellige lossepladser (Kaartinen 2013).

Materialerne fra deponeringsanlæggene blev udtaget fra forskellige lag og fra flere forskellige steder, der repræsenterer affald der er bortskaffet i perioden fra 1960'erne frem til 2000 (tabel 4.17). Prøveudtagningen fra lossepladserne blev gjort under installationen af lodrette gasopsamlings brønde (borehul Ø 0,9-1,2 m) eller fra perkolat fra prøvetagningsbrønde. Fra Lohja er prøvetagningen sket som en separat prøveudtagnings kampagne ved hjælp af samme metode som ved installation af gasboringer. Boring af brønde til indsamling gas er en helt almindelig operation som typisk sker når man nedlukker et deponeringsanlæg, men er en nem måde at udtage prøver fra affaldet. Boring af gasbrøndene er en temmelig dyr løsning, og som en stand alone operation for karakterisering af materielle indhold kan det ikke anbefales pga. prisen. Prøver fra gasbrøndene blev opsamlet fra (4-50 brønde i de forskellige lossepladser) og fra 2-4 forskellige dybder (Kaartinen 2013).

Affaldet fra Ämmässuo og Kujala deponeringsanlæg blev manuelt sorteret i syv eller fem kategorier (plast, papir og pap, træ, metaller, inerte materialer (fx glas, sten), tekstiler og restprodukter. Tekstiler blev inkluderet i restprodukterne og metaller i de inerte materialer, og når prøver fra Kujala blev sorteret. Sorteringen var baseret på visuel inspektion, og små partikler, som ikke kunne visuelt identificeres og hermed frasorteret blev klassificeret som "restprodukter". I Kuopio, blev prøverne manuelt sigtet til partikelstørrelseskategorier på >100 mm, 40-100 mm, 20-40 mm, og mindre end 20 mm. Hver partikelstørrelse kategori, bortset fra <20 mm, blev derefter klassificeret manuelt i syv fraktioner: metaller, plast, papir og pap, tekstiler, jord, træ, og andet. Hver kategori blev vejet separat. I Lohja, blev prøverne sigtet til <20, 20-100 og >100 mm partikelstørrelseskategorier, efterfulgt af klassificering af de 20-100 og >100 mm kategorier til fire fraktioner (metaller, brændbart, jord, andre) (Kaartinen 2013).

Affald udtaget fra Kuopio lossepladsen svarer til omkring 40 tons materiale deponeret for 5-10 år siden, blev også sorteres ved hjælp af en fuldskala mekanisk separation proces. Den mekaniske forbehandling anvendes til produktionen af brændsel (SRF) som et led i den lokale kommunale affaldsbehandling, og var således ikke specifikt designet til de udgravede materialer. Maskineriet bestod af en Lindner Jupiter 3200 single-akslet neddelers, en magnetisk separator, Doppstadt SM - 718 tromlesigte og en vindsigte. Affald tilføres shredder fødetragten hvorfra det kommer ind i en shredder. Efter makulering, så vil materialet møde magneten der fjerner magnetiske fraktion fra det neddelte affald. Efter magneten, kommer affaldet ind i en tromlesigte, som i løbet af prøvekursler, havde si åbninger på hhv. 30 og 70 mm, som således frembringer fraktioner af <30 mm, 30-70 mm, og >70 mm. >70 mm fraktioner. Den er yderligere genstand for vindsigtning, som adskiller den lette fraktion fra den tunge fraktion. Den lette fraktion på >70 mm er karakteriseret som en brændbar fraktion som er fremstillet ved en mekanisk forarbejdning (Kaartinen 2013).

De fine fraktioner fra Kuopio lossepladsen blev yderligere undersøgt, og de miljømæssige egenskaber af de fine fraktioner - både fra den manuelle og mekanisk sortering, blev vurderet ved at bestemme den uorganiske sammensætning (XRF) og samlet organisk kulstof (TOC) og ved gennemførelse af batchudvaskningsforsøg EN 12457-4 (Kaartinen 2013).

Tabel 4.17: Grundlæggende informationer om deponeringsanlæggene og af den anvendte prøvetagning og sorteringsprocedurer.

Landfill	Kujala	Lohja	Ämmässuo	Kuopio
Landfill characteristics				
Time of operation	1960-2003	1960's - early 1980's	1987-2003	2001-2009
Size, ha	27	3	34	3,2
Waste type	MSW	Mainly MSW, industrial wastes	MSW	MSW
Landfill maximum height (m)	30	20	35	30
Specific features	Incineration ash deposited in lower parts (on-site waste combustion)	No documentation available of the deposited waste		Source segregation practised, deposited waste well known
Sampling & Sorting				
Sampling method	Drilling rig Ø 90 cm	Drilling rig Ø 90 cm	Drilling rig Ø 120 cm	Drilling rig Ø 90 cm
Sample or treated volume	10-20 l	600 l	300-500 l	600 l, 40 tonnes for full-scale trials
Sampling details	Vertical sampling from boreholes	Sampling from boreholes	Vertical sampling from boreholes	Sectionally from boreholes, bottom and middle sections
Sorting methods	Manual sorting	1) Sieving (20 & 100 mm) 2) Manual sorting	Manual sorting	1) sieving (20, 40 & 100 mm) 2) Manual sorting 3) Plant sorting 40 t
Sorted fractions	plastics, paper and cardboard, wood, metals, inert materials, textiles and residuals. Textiles were included in the residuals and metals in the inert materials.	<20 mm, metals, combustibles (plastics, paper and cardboard, textiles, wood), soil, others	plastics, paper and cardboard, wood, metals, inert materials, textiles and residuals.	<20 mm, metals, plastics, paper and cardboard, textiles, soil, wood, and others

Tabel 4.18: Sammensætningen og karakteristika af affaldet fra de fire lossepladser

	Kujala [□]	Lohja	Ämmässuo	Kuopio
Landfill characteristics				
Waste age	1960-2003	1960's – 1980's	1987-2003	2001-2009
Material fraction (% of fresh mass, including moisture)				
Plastics	6-9 (except bottom layer 1%)	-	7-9	23-24
Paper and cardboard	0-12	-	2-4	4-8
Textiles	nd.	-	4-8	7-8
Wood	9-13	-	-	-
Combustible fractions sum	11-32 [◊]	5-34	30-34	40-45
Metals	-	0,5-2,2	12-22	3-4
Residuals	58-75*	40-74 [◊]	16-18*	43-47 [◊]
Other characteristics				
TS,%	65-73	-	50-57	53-67*
BMP, m ³ /t TS	8-44	-	21-68	8-23*
Nitrogen,% TS	0,2-0,5	-	0,2-0,5	-

[□] drilling technique crushed samples to <50 mm

[◊] textiles not included

* consisting of fine, non-sortable material and textiles

[◊] <20 mm material

* consisting of fine, non-sortable material

* <20 mm material

Jord (restprodukter i tabel 4.18) har i høj grad bidraget til den høje mængde af små partikelstørrelser i Kujala (50 år), Lohja (30-50 år) og Kuopio losseplads (10 år). Ifølge indberettede fund, er der som regel meget lidt genanvendeligt og forbrændingsegnet i finfraktionen (Kaartinen 2013).

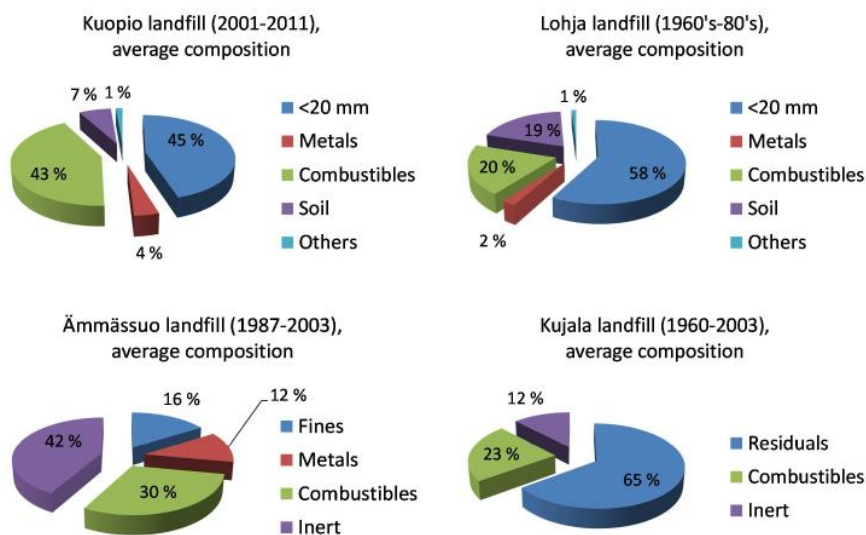
Papir og pap blev fundet i temmelig ensartede mængder (0-12 %) i de tre lossepladser, efter de var blevet sorteret, mens papir og pap i den ældste sandsynligvis var blevet omsat eller nedbrudt, hvilket på den anden side giver et godt billede af pladsens stabilisations niveau. Deponeret plast, papir/pap, tekstiler og træ, kan betragtes som materialer der kan udgraves og forbrændes med energiudnyttelse, udgjorde sammen op til 45 % af de deponerede affaldsmængder, og vurderes lidt højere ved nyere/ynge lossepladser. Procentdelen af plast var højere i nyere lossepladser som forventet. Det er tvivlsomt, og case specifikt, hvorvidt energi fra tidligere deponeret affald reelt kan give en indtægt. Generelt i Europa har anvendt brændsel været genstand for takster, gebyrer og skatter dvs. negative priser. Men især i Nordeuropa ses undertiden positive priser for opgravet brændsel (Kaartinen 2013).

Ämmässuo losseplads gav ekstremt høje metalindhold (12-22 % vægt/volumen) ved de manuelle sorteringsforsøg i forhold til andre lossepladser. Metalfraktionen fra Lohja deponering udgjorde 0,5-2,2 %, mens prøver fra Kuopio viste et højere indhold (3-4 %). Metalmængden fra Lohja og Kuopio ligner de resultater der kan findes i internationale studier ved af traditionelle husholdningsdeponier (Kaartinen 2013).

Metallerne vurderes i mange tilfælde at være den eneste rentable fraktion fundet fra MSW lossepladser. Skrot- og metalpriserne kan naturligvis variere og er normalt baseret på case specifikke kontrakter, så ingen generaliseringer kan foretages. Metaller som udvindes fra

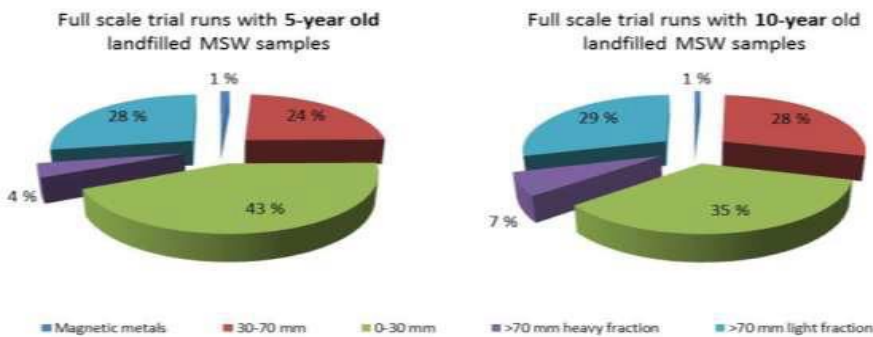
lossepladser er tidligere blevet anset for at være af dårlig kvalitet, hvilket muligvis vil gøre dem ikke-konkurrencedygtige med metaller inddrevet fra kilder såsom slagger fra forbrændingsanlæg m.m. (Kaartinen 2013).

Ud over de data vist i tabel 4.18, blev variation i struktur, sammensætning og lossepladsernes karakteristika undersøgt i Ämmässuo, Kujala og Kuopio lossepladser. Klare tendenser viste sig med hensyn til prøveudtagning dybde især på lossepladser repræsenterer en længere tidshorisont (Kujala og Kuopio). Andelen af papir og pap var lavest i det nederste lag af alle deponeringsanlæg (2 % i Ämmässuo, 0,5 % i Kujala og 4,3 % i Kuopio), mens andelen af træ (15-16 % i Ämmässuo, 9-13 % i Kujala og 6,0-6,9 % i Kuopio) var næsten den samme på alle dybder i alt lossepladserne. Andelen af træ var næsten den samme i 50 år gammelt affald (9-13 %) og 20 (15-16 %), hvilket tyder på træ til at være temmelig inert (Kaartinen 2013).



Figur 4.15: sammenligning af de forekellige lossepladser

Figur 4.16 viser fordelingen af affaldet i de to prøvekørsler med mekanisk fuldskala sorteringsmaskiner. Disse testkørsler blev udført på affald udtaget fra Kuopio lossepladsen. De to testkørsler repræsenterede affald af forskellig lidt alder på hhv. 5 og 10 år (Kaartinen 2013).



Figur 4.16: Fordelingen af affaldet i de to prøvekørsler med mekanisk fuldskala sorteringsmaskiner.

Mængdefordeling af to serier fuldskalaforsøg kørt med mekanisk forbehandling sammenlignet i forhold til den manuelle sortering (tabel 4.18), og mængden af metaller forblev signifikant lavere i fuldskalaforsøgene. Kun de magnetiske metaller blev adskilt mens i manuelle sorterings forsøg blev alle metaller til stede udsortet til metaller fraktion. Også urenheder forbundet med metalstykker, f.eks tekstiler og plastbelægnings, øger metal massefraktioner i den manuelle sortering. På den anden side, disse urenheder kunne have hindret andre metalstykker fra at være magnetisk adskilt i de omfattende fuldskalaforsøg (Kaartinen 2013).

Den >70 mm lette fraktion fra vindsigten er karakteriseret som en brændbar fraktion. Mængden er fortsat lavere end den brændbare fraktion opnået i manuel sortering (tabel 4.18). Dette skyldes, at kun >70 mm fraktionen blev vindsigtet, og derfor forblev en hel del af affaldet med et brændbart potentiale i 30-70 mm fraktion (Kaartinen 2013).

Tabel 4.19 og Tabel 4.20 indeholder data om sammensætningen og udvaskningsegenskaberne af finfraktionen fra Kuopio lossepladsen. De typiske koncentrationsniveauer svarer til i uforurennet jord, som er vist i tabel 4.19 til sammenligning (Kaartinen 2013).

Tabel 4.19: Koncentrationer af elementer (XRF) og TOC af finfraktion fra manuel sortering (<20 mm) og fuld skala mekanisk sortering (<30 mm) fra Kuopio lossepladsen udtrykt i procentdele (vægt/volumen). Standardafvigelser for prøverne fra manuel sortering (n = 3) er angivet i parentes.

Element/ substance %	Manual sorting <20 mm		Mechanical sorting <30 mm		Common range for soils
	Middle layer	Bottom layer	Middle layer	Bottom layer	
Al	5,1 (1,0)	5,7 (0,31)	4,9	5,5	1,0-30
Ba	0,11 (0,01)	0,09 (0,03)	0,08	0,10	0,01-0,30
Ca	8,5 (3,9)	6,5 (1,2)	6,7	6,1	0,70-50
Cd	<0,01	0,01 (0,0)	<0,01	<0,01	<0,001
Cl	0,32 (0,18)	0,25 (0,03)	0,39	0,23	0,002-0,009
Cr	0,01 (0,01)	0,02 (0,01)	0,02	0,01	0-0,10
Cu	0,08 (0,12)	0,02 (0,01)	0,02	0,03	0-0,01
Fe	3,7 (0,17)	4,1 (0,21)	4,5	4,0	0,70-55
K	1,6 (0,29)	1,7 (0,21)	1,7	1,6	0,04-3,0
Mg	1,2 (0,0)	1,2 (0,06)	1,1	1,2	0,06-0,60
Mn	0,07 (0,01)	0,13 (0,04)	0,07	0,11	0,002-0,30
Mo	<0,01	0,01 (0,01)	<0,01	<0,01	<0,001
Na	1,9 (0,21)	2,1 (0,25)	1,8	1,6	0,08-0,75
Ni	0,01 (0,0)	0,01 (0,0)	<0,01	<0,01	0-0,05
P	0,25 (0,13)	0,28 (0,05)	0,16	0,27	0,02-0,50
Pb	0,01 (0,01)	0,02 (0,01)	0,02	0,02	0-0,002
Rb	<0,01	0,01 (0,0)	0,01	0,01	0,005-0,05
S	2,4 (1,5)	0,96 (0,44)	1,4	0,93	0,003-1,0
Se	0,02 (0,01)	<0,01	0,02	<0,01	<0,001
Si	20 (4,0)	21 (1,5)	19	20	23-35
Sr	0,06 (0,01)	0,05 (0,1)	0,04	0,05	0,005-0,10
Ti	0,35 (0,01)	0,38 (0,04)	0,43	0,70	0,10-1,0
V	0,01	<0,01	0,01	<0,01	0,002-0,05
Zn	0,06	0,11 (0,04)	0,08	0,08	0,001-0,03
Zr	0,03	0,03 (0,02)	0,02	0,03	0,006-0,20
TOC	5,8 (1,6)	4,7 (0,80)	11	6,8	

Ifølge XRF analyse og bestemmelse af TOC, af finfraktionen af de manuelt sorterede prøver indeholdt primært forbindelser med Si, Ca, Al, Fe, S, K, Mg, Na og organisk stof (TOC) Finfraktionen af både manuelt og mekanisk sorterede prøver var meget ens i form af XRF- sammensætning mellem prøver fra midten af deponiet og de nederste lag. Små forskelle blev fundet i TOC indhold som var højere i de fine fraktioner fra mekanisk behandling. Cl, S og TOC indholdet var også lavere i prøverne fra bunden af deponiet, hvilket indikerer, at udvaskningen af Cl og S og nedbrydning af organisk kulstof var sket over tid. Koncentrationer af tungmetaller kan ikke anses for høje baseret på disse resultater. Der var dog forhøjede koncentrationer af Cu og Zn i husholdningsaffaldet som sammenlignet med koncentrationerne af disse elementer typisk blev observeret i uforurennet jord. De målte

koncentrationer af Cu, Pb og Zn var ens til dem rapporteret for en finfraktion <10 mm udgravet fra en losseplads i Belgien og for et svensk deponi finfraktion <18 mm, som begge indeholder husholdningsaffald. Batchudvaskningsforsøg (Tabel 4.20) blev udført for at producere et foreløbigt skøn over lossepladsen indhold af stoffer i forhold til gendeposering af finfraktionen (Kaartinen 2013).

Tabel 4.20: Batchudvaskningsforsøg EN 12457-4 af finfraktionen fra den manuelle sortering (<20 mm) og fuld skala mekanisk sortering (<30 mm) fra Kuopio lossepladsen. De udvaskede mængder af stoffer er udtrykt i mg/kg tørstof ved et L/S-forhold på 10 l/kg TS. Standard afvigelser for prøverne fra manuel sortering (n = 3) er angivet i parentes.

	Manual Sorting <20 mm		Manual sorting		Leaching limit values for non-hazardous waste EU landfill di- rective (EC, 2003)
	Middle layer	Bottom layer	Middle layer	Bottom layer	
pH	8,1 (0,10)	8,3 (0,11)	7,8	8,2	-
Conductivity, mS/m	280 (68)	170 (33)	360	160	-
Redox Potential mV	340 (1,4)	370 (10)	260	360	-
Leached substances, mg/kg dry matter (L/S =10)					
As	0,13 (0,03)	0,04 (0,03)	0,12	0,09	2
Ba	0,86 (0,24)	0,76 (0,05)	0,84	1,0	100
Cd	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	1
Co	0,12 (0,06)	0,04 (0,02)	0,18	0,05	-
Cr	0,03 (0,01)	0,03 (0,01)	0,09	0,04	10
Cu	0,08 (0,04)	0,18 (0,12)	0,05	0,06	50
Hg	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,2
Mo	0,14 (0,02)	0,30 (0,29)	0,20	0,24	10
Ni	0,47 (0,30)	0,23 (0,09)	0,99	0,31	10
Pb	0,01 (0,01)	0,01 (0,0)	0,01	0,02	10
Sb	0,04 (0,02)	0,05 (0,03)	0,02	0,06	0,7
Se	0,05 (0,02)	0,02 (0,01)	0,17	0,04	0,5
V	0,02 (0,02)	0,02 (0,02)	0,06	0,01	-
Zn	2,4 (1,9)	1,1 (0,67)	0,62	0,27	50
Cl ⁻	1.200 (820)	850 (100)	2.400	790	15.000
F	41 (42)	3,0 (0,0)	170	13	150
SO ₄ ⁻²	15.000 (4.900)	7.100 (4.600)	18.000	6.600	20.000
DOC	1.000 (320)	320 (31)	2.400	590	800

Af de undersøgte stoffer i de gennemførte batchudvaskningsforsøg, var de primære udvaskede stoffer sulfat, klorid og DOC, og de udvaskede mængder af uorganiske stoffer ville kunne overholde de nuværende kriterier i deponeringsdirektivet for ikke-farligt affald. Men i både manuelt og mekanisk sorterede fine materialeprøver fra de midterste lag af lossepladsen, overskrider den udvaskelige mængde af DOC og overholder ikke EU kriterierne for ikke farligt uorganisk affald. Dette er sandsynligvis en udfordring for affald der ikke er så gammelt og hvor det meste af det organiske materiale endnu ikke er nedbrudt.

Udvaskningen af sulfat på de niveauer der er observeret indikerer tilstedeværelsen af gips i det deponerede affald. Gips er ganske almindeligt forekommende i affald såsom bygge- og anlægsaffald. Ud over sulfat, overholder den manuelt sorterede finfraktioner fra de nederste lag i deponiet overholder i gennemsnit udvaskningskriterier for inert affald. Det skal dog bemærkes, at der er andre kriterier for affald som skal overholdes før det kan placeres i deponeringsanlæg for inert affald, såsom mineralolie, PCB, PAH, BTEX og TOC. Af disse blev kun TOC undersøgt, og gennemsnitlig værdi for den nederste lag manuelt var 4,7 %, og overstiger den kriterierne på de 3 % af TOC for inert affald (Kaartinen 2013).

Udvaskningen af klorid, sulfat og DOC var lavere for de fine materialeprøver fra de nederste lag i deponiet.

Potentialet for lossepladser som kilder til nye materialer varierer meget. I lyset af de præsente- rede resultater, den forbrændingsegne fraktion (papir og pap, træ, plast og tekstiler) bidrager med maksimal til 40-45% (vægt /volumen) af det deponerede affald. Ganske store variation i metalindholdet af deponerede affald blev fundet. Alt i alt viser resultaterne den store betydning af feltundersøgelser, som en væsentlig del af undersøgelsesfase for ethvert landfill mining projekt i særdeleshed set ud fra et fra økonomisk synspunkt.

Der har ikke været så stor opmærksomhed tidligere på finfraktionen (<20 eller <40 mm), som kan være den største del både i de gamle og nye lossepladser. Den består ikke kun af deponeret affald, men også af jord som anvendes til daglig afdækning og eller slutafdækning, og ses i op til 74% af det deponerede affald, og mængden af fin fraktion kan være afgørende for økonomien i et mining projekt.

Den mekaniske separationsproces viste sig at fungere tilfredsstillende, selv når det organiske materiale i det udgravede affald kun er delvis nedbrudt og omsat, og affaldet er mættet med vand og indeholder jord. Det deponerede materiale indhold (fx metaller og materialer er egnede til produktion som et brændsel) er afhængige globale økonomi og lokale behov (Kaartinen 2013).

I Finland har driverne til fuld skala udgravning af lossepladser hovedsagelig været af miljø-mæssig karakter, samt at kunne udnytte arealerne til andre relevante formål. Muligheden for at kunne opgrave genanvendelige materialer har spillet en mindre rolle i projekterne. De første 4 undersøgelser som har været gennemført, har ført til bedre forståelse af hvad potentialet er og mulighederne, samt de udfordringer i forarbejdning og anvendelse af de udgravede materialer kan give i Finland.

4.6 Kudjape Landfill, Saaremaa Island (Estland)

Kudjape kommunale losseplads er en ukontrolleret losseplads (uden membran) beliggende på Saaremaa øen, 2 km fra Kuressaare. Den gamle del af pladsen indeholder anslået 35.000 m³ affald, mens den nye del (bygget efter 2000) har en kapacitet på 158.000 m³ husholdningsaffald. Lossepladsen blev lukket for modtagelse i 2009.

Analyser af grundvand og gas monitorings brønde kunne bidrage med data om anlæggets miljøkvalitet. Som konsekvens af en implementering af EU landfill direktivet skulle alle deponeringsanlæg som ikke opfylder EU kravene lukkes inden 16. juli 2009, og være slutaftdækket medio 2013. Pt. er der ca. 350 gamle kommunale lossepladser, som er lukket i Estland (Kaartinen 2013).

Planlægningen af aktiviteter på Kudjape startede i 2005. I første omgang blev der ikke påtænkt en landfil mining af deponiet. I forbindelse med lukning blev det påkrævet fra myndighederne, at der blev udlagt et tykt lag afdækningsmateriale. Da lossepladsen ligger på en ø med et tyndt jorddække, var der ingen tilgængelige materialer, uden dette ville betyde en væsentlig omkostning som ville gøre projektet meget dyrt. Ideen om landfill mining blev derfor igangsat, med det hovedformål at udgrave afdækningsmaterialet, som skulle fungere som et biocover til nedbrydning og omsætning af metangassen (Kaartinen 2013).

Projektet blev godkendt i februar 2012. Entreprenører og rådgivere til undersøgelserne blev udvalgt, og Estonian University of Life Sciences blev sat til at stå for undersøgelsen og forskningsdelen. Udgravningerne startede i august 2012. I de næste 10 måneder, blev i alt 55.000 m³ affald sigtet gennem en 40 mm tromlesigte. Groft til fint forholdet var 2:1. I alt 27.600 m³ dækmateriale (blanding af finfraktion, jord og komposteret slam) blev anvendt. Noget af grovfraktionen blev forbrændt i et forbrændingsanlæg og som medforbrænding i cementindustrien (Kaartinen 2013).

Projektet var finansieret af Environmental Investment Centre (KIK) med op til 90%.



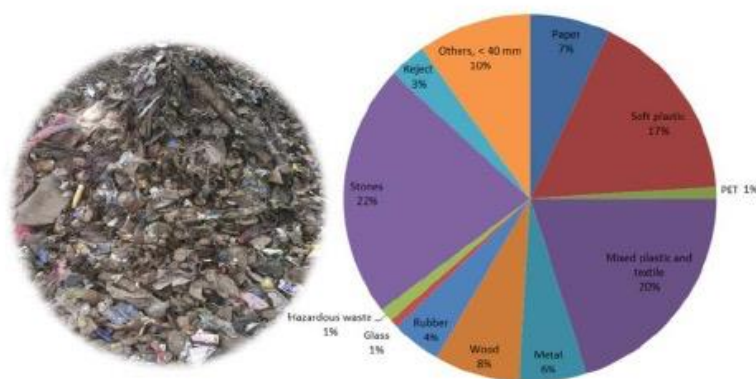
Figur 4.17: Udgravning og sortering på deponiet Kudjape

I alt blev 11,6 tons affald opgravet og analyseret. Der blev gravet ned til 4,9 m i deponiet og prøver blev taget for hver meter ned med en gravemaskine. Det blev brugt tromlesigte med en maskevidde på 40 mm. Materialer der gik gennem sigten blev behandlet med magnet for sigtning på 10 mm. Fraktionen mellem 10 og 40 mm blev sorteret ved håndkraft. Dette

gjaldt også for fraktion større end 40 mm (se figur 4.18). Den største fraktion, der repræsenterer 5.453 kg eller 47%, som blev fordelt mellem 80% <10 mm og 20% > 10 mm, var vanskeligt identificerbar. Den inerte fraktion bestod af glas og sten og udgjorde 21,5%. Papir og træ repræsenterede 5,4%. En forbrændingseget fraktion bestod af plast, tekstil og gummi (5,2%) og metalskrot 0,6%. Yderligere detaljer er vist i figur 4.19. (Kaartinen 2013).

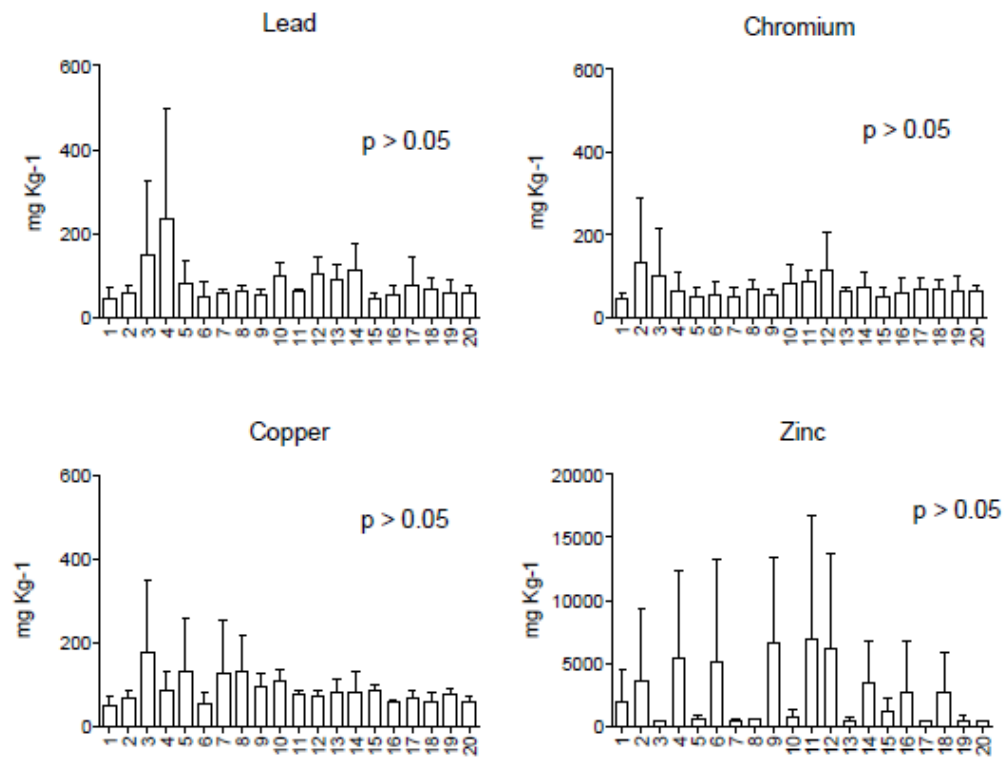


Figur 4.18: Manuel sortering af fraktionen >40 mm.



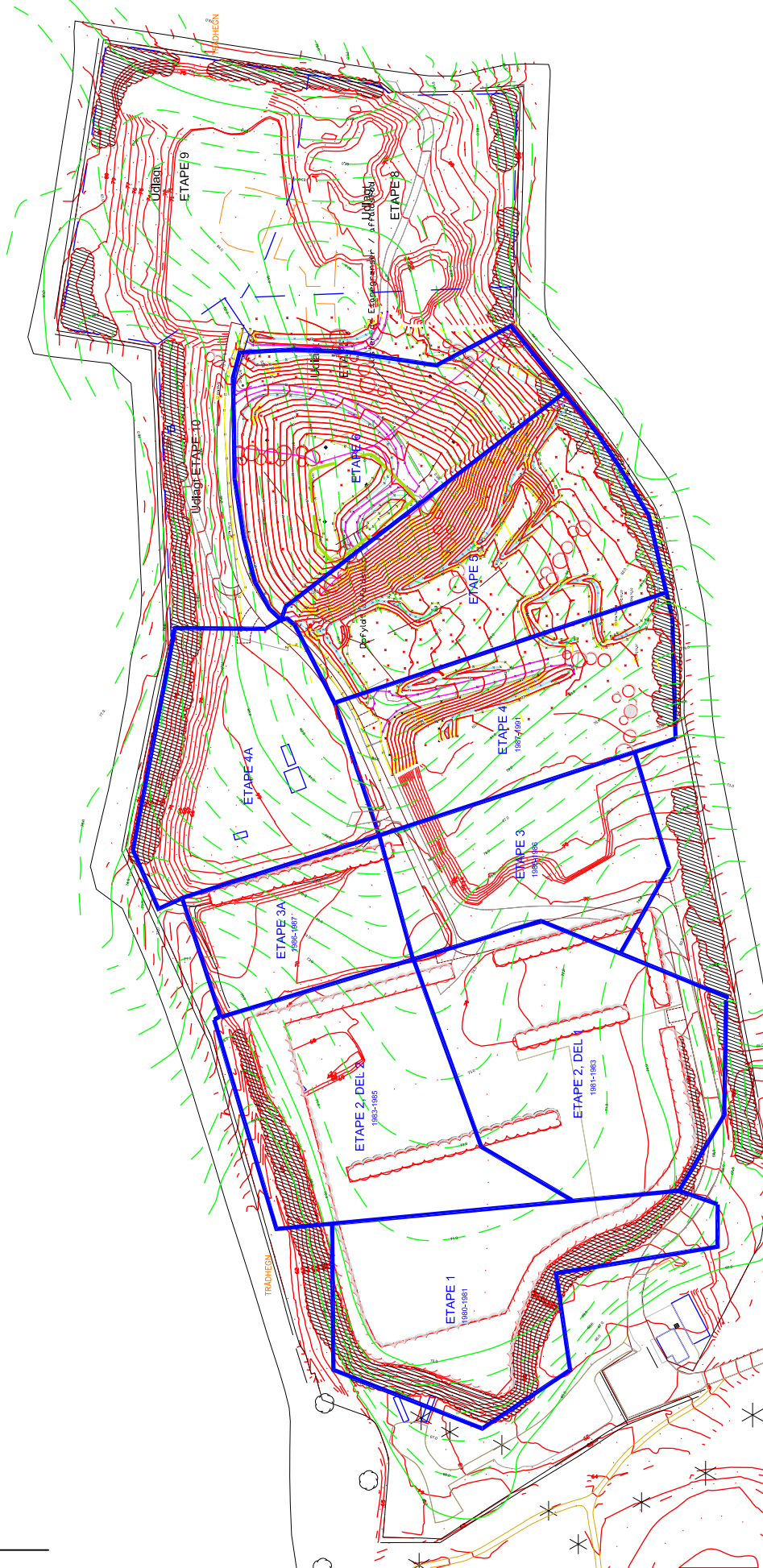
Figur 4.19: Karakterisering af fraktionen >40 mm på makroniveau (Kudjape landfill)

Der blev gennemført analyser af tungmetaller i finfraktionen. Samlet blev der gennemført 20 analyser. Ingen målinger var over 250 mg/kg TS for Pb, 175 mg/kg TS for Cr eller 200 mg/kg TS for Cu. Resultaterne for Zn varierede meget, men ingen målinger var over 7.500 mg/kg TS. Resultaterne er præsenteret i fig. 1 herunder (Bhatnagar, A. et. al 2012)



Figur 4.20: Metal koncentrationer (mg Kg⁻¹) af prøver taget forskellige steder fra de opgravede

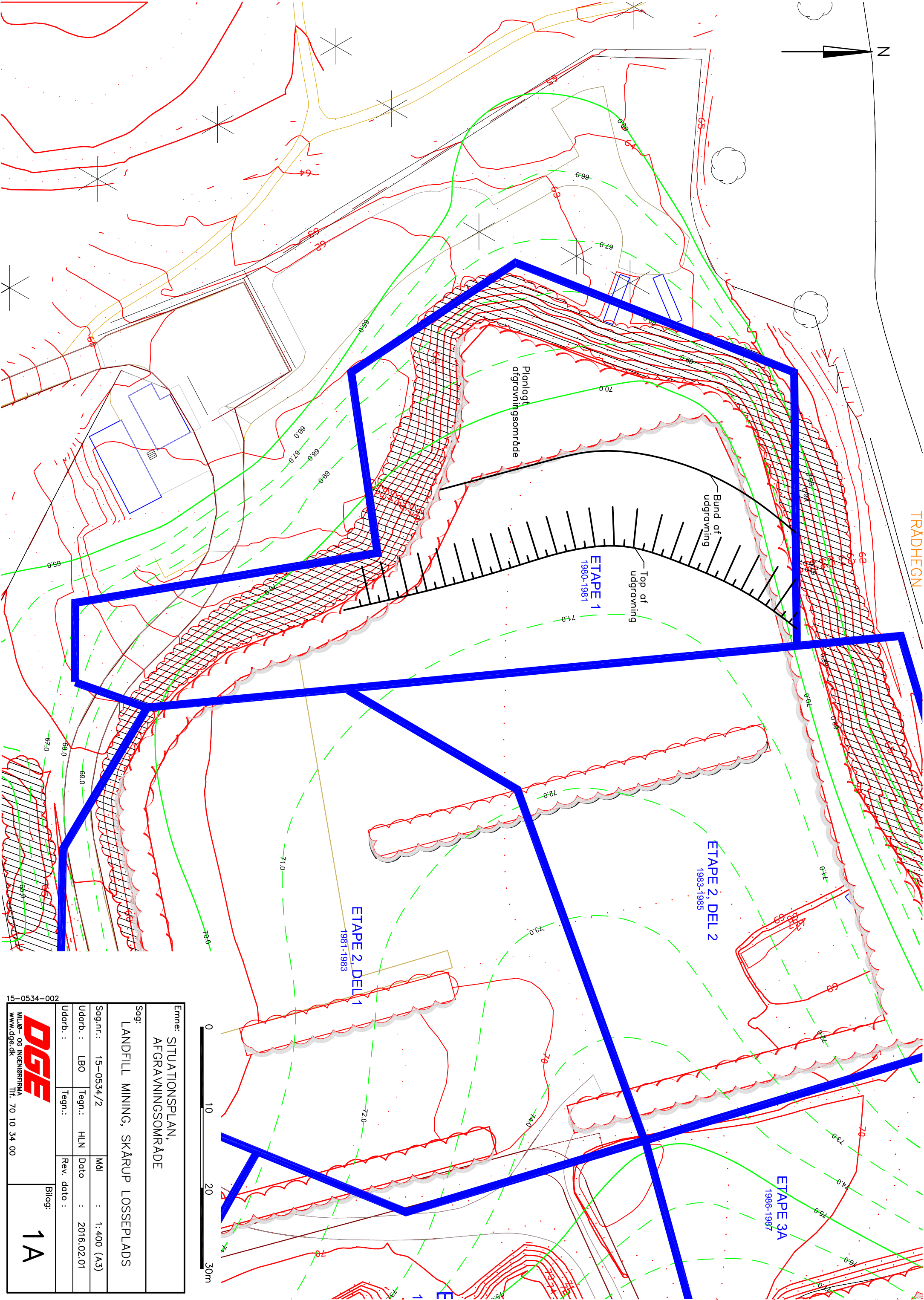
Bilag 2 Situationsplan, Affaldscenter Skårup, Renosyd, Skanderborg



Emne: SITUATIONSPLAN			
Sag: LANDFILL MINING, SKÅRUP LOSSEPLADS			
Sag.nr.: 15-0534	Mål: 1:1000 (A3)		
Udarb.: LBO	Tegn.: HLN	Dato: 2015.12.04	
Udarb.:	Tegn.:	Rev. dato:	
Bilag: 1			
DGE MILJØ- OG INGENIØRFIRMA www.dge.dk			
Tlf. 70 10 34 00			

15-0534-001

Bilag 3 Situationsplan afgravningsområde



Emne: SITUATIONSPLAN, AFGRAVNINGSOMRÅDE				
Sag: LANDFILL MINING, SKÅRUP LOSSEPLADS				
Sag.nr.: 15-0534/2	Mål : 1:400 (A3)			
Udarb. : LBO	Tegn.: HLN	Dato : 2016.02.01		
Udarb. :	Tegn.:	Rev. dato :		
Bilag: 1A				

Bilag 4 Analyserapport Sønderbækken

Reno Syd I/S
Norgesvej 13
8660 Skanderborg
Att.: renosyd@renosyd.dk

Rapportnr.: AR-16-CA-00440156-01
Batchnr.: EUDKVE-00440156
Kundenr.: CA0002942
Modt. dato: 29.06.2016

Analyserapport

Prøvested: Skårup Losseplads. Boring 15 Kilde /dræn Omfangsd - / 4745200118
Prøvetype: Grundvand
Prøveudtagning: 29.06.2016 kl. 14:30
Prøvetager: Eurofins Miljø Vand A/S BTT
Analyseperiode: 29.06.2016 - 06.07.2016

Prøvemærke:

Lab prøvenr:	80346710	Enhed	Kravværdier		DL.	Metode	Um (%)
			Min.	Max.			
pH	7.5	pH			2	DS/EN ISO 10523	
Konduktivitet (Ledningsevne)	67	mS/m			0.1	DS/EN 27888	10
Uorganiske forbindelser							
Ammonium-N	0.048	mg/l			0.004	SM 17. udg. 4500-NH3 (H)	10
Nitrat-N	13	mg/l			0.07	SM 17. udg. 4500-NO3 (H)	10
Chlorid	44	mg/l			1	SM 17. udg. 4500-Cl (E)	10
Sulfat	36	mg/l			0.5	SM 17. udg. 4500-SO4 (E)	10
Hydrogencarbonat	226	mg/l			3	DS/EN ISO 9963	10
Metaller							
Bor (B)	140	µg/l			1	DS/EN ISO 17294m:2005 ICP-MS	30
Jern (Fe)	1.3	mg/l			0.01	DS/EN ISO 17294m:2005 ICP-MS	30
Kalium (K)	13	mg/l			0.05	DS/EN ISO 17294m:2005 ICP-MS	30
Kobber (Cu)	6.4	µg/l			0.03	DS/EN ISO 17294m:2005 ICP-MS	30
Magnesium (Mg)	9.6	mg/l			0.1	DS/EN ISO 17294m:2005 ICP-MS	30
Nikkel (Ni)	4.8	µg/l			0.03	DS/EN ISO 17294m:2005 ICP-MS	30
Zink (Zn)	21	µg/l			0.3	DS/EN ISO 17294m:2005 ICP-MS	30
Organiske samleparametre							
COD, kemisk iltforbrug	19	mg/l			5	ISO 15705	20
NVOC, ikke flygt.org.carbon	6.7	mg/l			0.1	DS/EN 1484	12
Oplysninger fra prøvetager							
Prøvetagningsmetode	Stikprøve					DS ISO 5667-10	A
Vandtemperatur	12.2	°C				DS ISO 5667-10	A
pH	7.4	pH				DS/EN ISO 10523	A

Underleverandør:

A: Eurofins Miljø Vand A/S (DS EN ISO/IEC 17025 DANAK 555)

Kopi til:

Miljøstyrelsen Aarhus , aar_depot_analyse@mst.dk, Lyseng Alle 1, 8270 Højbjerg
Skanderborg Kommune , Natur og Miljø, Natur og Miljø, Knudsvej 34, 8660 Skanderborg

Tegnforklaring:

<: mindre end

>: større end

#: ingen parametre er påvist

DL.: Detektionsgrænse

Um (%): Den ekspanderede måleusikkerhed Um er lig 2 x RSD%, se i øvrigt www.eurofins.dk, søgeord: Måleusikkerhed.

*): Ikke omfattet af akkrediteringen

i.p.: ikke påvist

i.m.: ikke målelig

u): udført af underleverandør

Reno Syd I/S
Norgesvej 13
8660 Skanderborg
Att.: renosyd@renosyd.dkRapportnr.: AR-16-CA-00440156-01
Batchnr.: EUDKVE-00440156
Kundenr.: CA0002942
Modt. dato: 29.06.2016

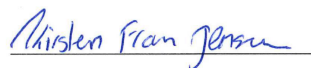
Analyserapport

Prøvested: Skårup Losseplads. Boring 15 Kilde /dræn Omfangsd - / 4745200118
Prøvetype: Grundvand
Prøveudtagning: 29.06.2016 kl. 14:30
Prøvetager: Eurofins Miljø Vand A/S BTT
Analyseperiode: 29.06.2016 - 06.07.2016

Prøvemærke:

Lab prøvenr:	80346710	Enhed	Kravværdier Min. Max.	DL.	Metode	Um (%)
--------------	----------	-------	--------------------------	-----	--------	-----------

06.07.2016

Kundecenter
Tlf: 70224231
G10@eurofins.dk
Kirsten From Jensen
Senior Kunderådgiver**Tegnforklaring:**<: mindre end
>: større end

#: ingen parametre er påvist

DL.: Detektionsgrænse

Um (%): Den ekspanderede målesikkerhed Um er lig 2 x RSD%, se i øvrigt www.eurofins.dk, søgeord: Målesikkerhed.

*): Ikke omfattet af akkrediteringen

i.p.: ikke påvist

i.m.: ikke målelig

α): udført af underleverandør

Bilag 5 PSS

Landfill Mining projekt, Renosyd Skårup Deponi. August-December 2016.

Plan for Sikkerhed og Sundhed (PSS). Version 2. den 24.06.2016

Det forventes ikke, at der ved projektet samtidigt arbejder mere end 10 personer fra mere end 1 arbejdsgiver. Alligevel er der udarbejdet en PSS, idet der ved projektet kan opstå farlige situationer ved udgravning af affald, f.eks. udgravning af farligt affald, udsivning af metangas el. andet, der kan udgøre en arbejdsmiljømæssig fare.

Adresseliste og kontaktpersoner:

Arbejdspladsen: Renosyd I/S, Skårup Deponi
Oddervej 75, 8660 Skanderborg

Ledelse af projektet: Projektet ledes af Jørgen Mølgaard Christensen, Biorem
De deltagende firmaer, som også danner projektets styregruppe er:

Renosyd I/S: Sune Dowler Nygaard, Søren Nielsen, Per Sundberg)

DGE Rådgivende Ingeniører: Lars B. Overgaard, Per Reimann

Biorem A/S: Jørgen Mølgaard Christensen, Flemming Lau Jørgensen

Dansk Affaldsforening / Danish Waste Solutions: René Møller Rosendal

Kingo Karlsen A/S: Henrik Felding, Gert A. Kjeldsen

Ansvarlig arbejdsgiver/'bygherre':

Renosyd I/S, Norgesvej 13, 8660 Skanderborg

Bygherrens koordinator vedr. arbejdsmiljø Skårup Deponi:

Søren Nielsen, Renosyd I/S, mobiltlf. 22 22 67 52

Ledelse på arbejdspladsen: **Gert Amdi Kjeldsen**, Kingo Karlsen A/S, tlf. 25 16 91 22, g.kjeldsen@kingo.biz.
Gert er arbejdsleder har ansvar for arbejdsmiljø og sikkerhed v. LFM-projektet

Entreprenører: Kingo Karlsen A/S:

3-5 medarbejdere og div. entreprenørmaskiner

DGE Rådgivende Ingeniører:

En medarbejder fra DGE ventes at være til stede permanent.

Sikkerhedsorganisationen:

Sikkerhedsorganisationen: Da der ikke er over 5 medarbejdere er der ikke dannet en egentlig sikkerhedsgruppe.

Men der er udarbejdet denne PSS, og der vil blive indlagt et fast punkt om arbejdsmiljø på de ugentlige driftsmøder.

ArbejdsPladsVurdering:

Inden arbejdsstart oprettes også ArbejdsPladsVurdering – APV.

APV skal være skriftlig og tilgængelig på pladsen.

Tidsplan for projektets faser:

Kingo Karlsen ventes at være den eneste eksterne entreprenør, der arbejder på stedet, men hertil kommer øvrigt personale fra de delta-gende virksomheder: Renosyd, DGE, Biorem, og Dansk Affaldsforening.

Projektet omfatter kun en mindre del af Deponiet: Der skal udgraves og gensorteres Ca. 5.000 tons affald (storskrald fra årene 1980-1981) i det område, som betegnes Etape 1. Se også skitse af området på side 4.

1. Blotlægning af deponiet:

Uge 32, fra man. d. 8. august 2016:

Afdækningsjord fjernes på skåninger og på deponiets top – dog kun på den vestlige spids af deponiet, som skal afgraves.

2. Udgravning, forsortering og grovsortering af ca. 5000 tons affald:

Uge 33 – ca. uge 37: fra man. d. 15. august og 4-6 uger frem.

Affaldet udgraves, for-sorteres og sorteres på rystesorterer.

De forskellige fraktioner transporteres til mellem-depoter, som anvises på Skårup Deponis arealer.

3. Eftersortering af affald:

Uge 35 – ca. uge 39 (foreløbig tidsplan!):

Affaldet gensorteres på rystesorterer eller ved andre sorterings-metoder (vindsigtning, magnet, tromlesorterer, evt. hånd-sortering) indtil de enkelte fraktioner er så rene som muligt.

Særlige faremomenter ved projektet:

Generelt:

I hele arbejdsområdet skal alle, der ikke sidder i en fører-kabine med filter og overtryk bære sikkerhedshjelm, advarselsvest, og sikkerhedsfodtøj.

Indtil andet besluttet, skal alle, som arbejder permanent i området, også bære en gasdetektor (se punkt 1. nedenfor).

Særlige faremomenter:

1. Gasudsivning (metangas, svovlbrinte m.m.) fra det deponerede affald:

Alle personer, der har arbejdsopgaver af permanent karakter i udgravnings- og sorteringsområdet i etape 1 udstyres med personbåret Gasdetektor (type Altair 4X EX-OX), som måler 4 gasser: Ex (LEL), OX (oxygen), CO (kulilte) og H₂S (svovlbrinte). Ved alarm forlader alle medarbejdere området, og ledelsen informeres.

2. Færdsel og materialeflytning med flere entreprenørmaskiner på lille område: I APV'en udformes praktiske retningslinjer for færdsel til fods herunder maskinførernes færdsel til/fra og uden for maskinerne.

3. Der skal udformes fælles, anerkendte regler for gående trafik – regler som også omfatter tilsynsførende og evt. besøgende i arbejdsområdet.

4. Der skal laves afspærringer omkring arbejdsområdet, så uvedkommende ikke kan komme ind i området – både mens der arbejdes og uden for arbejdstid. Til- og fra-kørselsvejen afspærres suppleret med skilt, når der ikke arbejdes i området.
5. Risiko for forøget forekomst af støv, skimmelsvamp-sporer o.lign. i luften i afgravningsområdet: Det vurderes konkret af den arbejdsmiljø-ansvarlige, om der er behov for at bære støvmaske (og hvilken type) under arbejdet.
6. Forekomst af farlige stoffer eller komponenter i affaldet, f.eks.:
 - Asbestholdige tagplader
 - Akkumulatorer og batterier
 - Kemikalierester
 - Kemikalieemballage
 - PCB-holdige materialer – f.eks. vinduesfuger andre fuger, kondensatorer.Farligt affald skal håndteres med korrekte personlige værnemidler.
Der indrettes en eller flere containere til mellemlagring af farligt affald.

Afgrænsning og koordinering:

- Omklædning, toiletter, kantine m.v.: I bygning 100 m fra arbejdsområdet:
 - Renosyd er ansvarlig for driften af denne bygning.
 - Projektets (/Kingos) medarbejdere er velkomne til at benytte faciliteterne, men alle anvisninger og regler skal overholdes.
 - Brovægt ved indkørsel til deponiet:
 - Renosyd er ansvarlig for driften af brovægten.
 - Kingos medarbejdere skal følge anvisninger ved brug af vægten.
 - Afgravningsområde (del af Etape 1):
 - Kingo er ansvarlig for alle sikkerhedsforanstaltninger i dette område, - herunder afspærringer.
 - Der opsættes advarselsskilt (gasfare, risiko for farligt affald etc.) ved indgang/indkørsel til arbejdsområdet.
 - Beredskabs- og evakeringsplan:
 - ALARMERINGSPLAN:**
 - Renosyds alarmeringsplan opsættes på tavlen i møderummet.
 - Under alarmeringsplanen sættes følgende INSTRUKSER:
 - BRAND -INSTRUKS**
 - AKUT AMBULANCE ELLER SYGETRANSPORT -INSTRUKS**
 - MILJØUHELD -INSTRUKS**
- Alarmeringsplan med 3 instrukser er vedføjet: Bilag 1 (4 sider) til denne PSS.

Byggepladstegning m. tilslutninger, adgangsveje, flugtveje mv.:

- På side 5 i denne PSS er oprettet en tegning af arbejdsområdet med angivelse af adgangsvej m.m.

Områder, hvor arbejdet medfører særlige risici:

Ved gravefronten, hvor affaldet blotlægges forventes risikoen for gasudslivning være størst. Opmærksomheden på de personbårne gasmålere skal derfor være skærpet i dette område, - særligt når det er vindstille.

Nedskridningsrisiko omkring fronten med affald, som afgraves, skal vurderes og medtages i tilrettelæggelsen af arbejdet.

Områder, hvor flere typer arbejde udføres samtidig:

Ikke relevant.

Arbejde i udgravninger:

Se under 'områder, hvor arbejdet medfører særlige risici'.

Arbejde med tekniske hjælpemidler:

Ikke relevant.

Arbejde med stoffer og materialer:

Ved al direkte kontakt med opgravet affald skal bæres gummihandsker af godkendt type (udleveres af Kingo).

Arbejde der medfører ergonomisk belastning:

Ikke relevant.

Orden og ryddelighed:

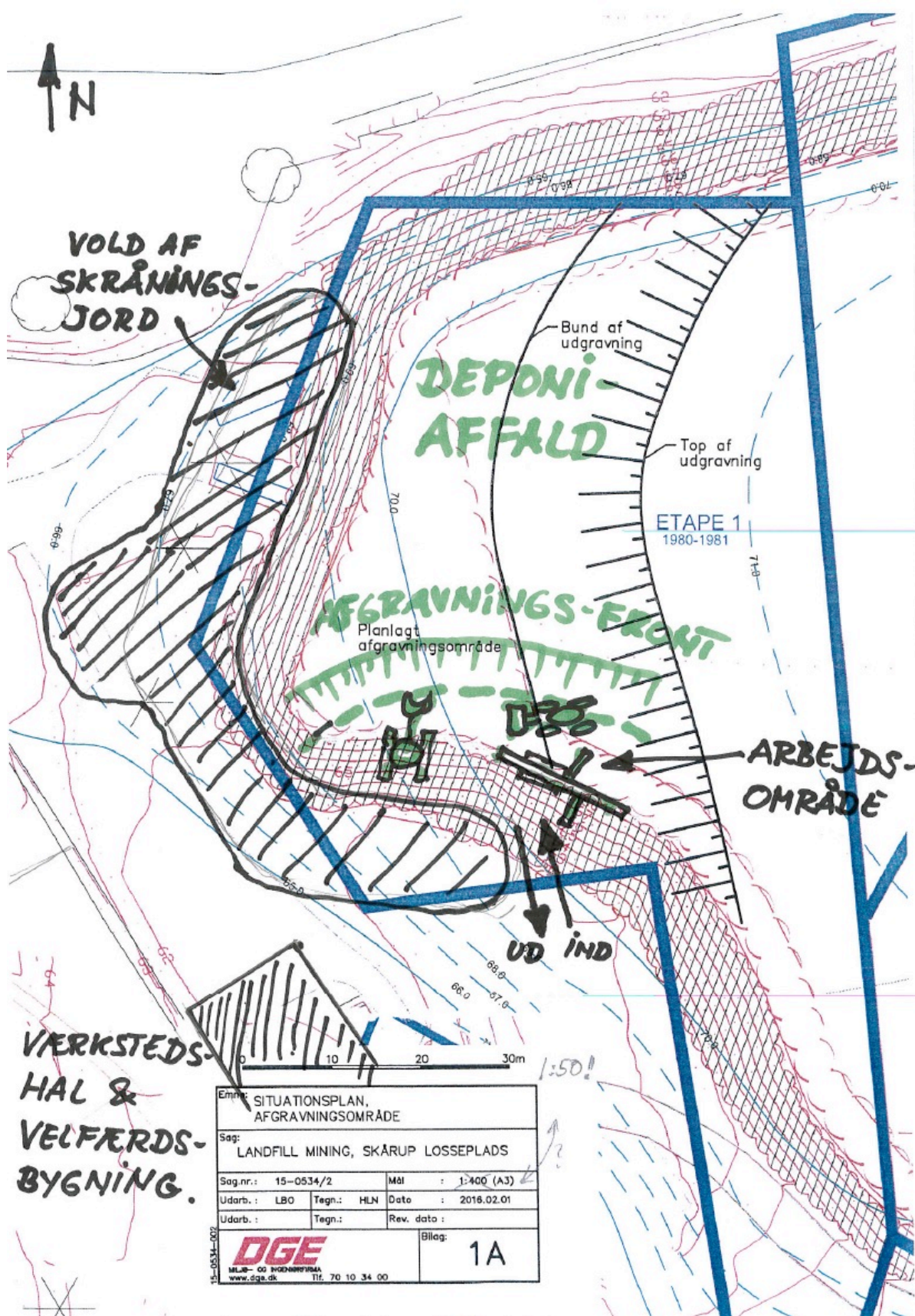
Det er væsentligt, at der oprettes en tydelig systematik og en god orden ved håndtering og oplagring af affaldet og de forskellige fraktioner.

Alt sorteret materiale skal oplagres i separate fraktioner og vejes over brovægten efter en metodik, som aftales på forhånd af forsøgsledelsen.

Daglig oprydning vil være nødvendig.

Arbejde der stiller særlige krav:

Arbejdsledelsen skal, hvis uforudsete arbejdsmiljøforhold opstår, iværksætte de nødvendige handlinger.



Skitse af arbejdsområde og nære omgivelser.

Bilag 6 APV-dokument

ARBEJDSPLADSVURDERING

Arbejdsprocesvurdering

Vurderingen tager udgangspunkt i Planlægningsguide fra Dansk Byggeri "Planlægningsguide - Forebyggelse af ulykker ved nedbrydningsarbejde" og retningslinjerne fra Branchearbejdsmiljørådet for Bygge & Anlæg.

	1	2	3
A	Meget usandsynligt forekommende hændelse med begrænset risiko for varige skader	Mindre sandsynligt forekommende hændelse med begrænset risiko for varige skader	Sandsynligt forekommende hændelse med begrænset risiko for varige skader
B	Meget usandsynligt forekommende hændelse med risiko for varige skader	Mindre sandsynligt forekommende hændelse med risiko for varige skader	Sandsynligt forekommende hændelse med risiko for varige skader
C	Meget usandsynligt forekommende hændelse, der kan resultere i dødsfald	Mindre sandsynligt forekommende hændelse, der kan resultere i dødsfald	Sandsynligt forekommende hændelse, der kan resultere i dødsfald

Denne APV er udarbejdet som en generel APV af de oftest forekommende risikoforhold indenfor vores nedbrydningsopgaver.

Før entreprisens start gennemgår entrepriseleder og formanden denne APV og afkrydser de forhold, der er relevante for denne entreprise.

Risiko score

De for entreprisen forekommende risici afkrydses og de tilhørende risici aflæses i kolonnen "Risiko Score 1"

Når risikoen er identificeret skal det nødvendige forebyggelse afkrydses for at eliminere risikoen og dermed opnå "Risiko Score 2"

Nr.	Identifikation af særlige risici	Sæt x	Risiko Score 1	Forebyggelse	Sæt x	Risiko Score 2
1	Ulykker					
1.1	Udsættelse for farlige gasser: - Svovlbrinte - Metangas - Kulilte Fortrængning af ilt i lukkede områder	X X X X	Sandsynligt forekommende hændelse, der kan resultere i dødsfald	Under arbejdet benyttes personbårne gasdetektorer der giver alarm for manglende ilt, eksplosive dampe, svovlbrinte og kulilte. Ved alarm stoppes arbejdet og stedet forlades. Efter ventilering af området kan arbejdet genoptages. Der udarbejdes en særlig instruks.	X X X	Forholdene er acceptable. Almindelig sikkerheds adfærd for arbejdets udførelse
1.2	Nedstyrtning/sammenstyrtning af bygningsdele: - Sammenstyrtning som følge af statisk ustabilitet - Nedfald af bygningsdele under nedrivning		Mindre sandsynligt forekommende hændelse, der kan resultere i dødsfald	Området afspærres for uvedkommende. Området understøttes / afstives. Der befinder sig ingen personer i bygningen under nedbrydning med maskine		Forholdene er acceptable. Almindelig sikkerheds adfærd for arbejdets udførelse
1.3	Ledninger i bygninger: Stød som følge af kapning af kabel i drift		Mindre sandsynlig forekommende hændelse, der kan resultere i dødsfald	Den ansvarlige for bygningens elforsyning kontaktes for afbrydelser. Der holdes fokus på ikke registrerede ledninger. Ved mistanke om ikke registrerede ledninger der kan være strømførende anvendes "søger".		Forholdene er acceptable. Almindelig sikkerheds adfærd for arbejdets udførelse
1.4	Risiko for begrænset flugtmulighed/undsætning ved brand eller tilskadekomst: - Ved arbejde i krybekældre, brønde, kloaker og tunneler - Ved arbejde på toppen af en høj bygning/silo.		Mindre sandsynligt forekommende hændelse, der kan resultere i dødsfald	Særlig omstændighed: Særskilt individuel vurdering skal laves på opgaven.		Forholdene er acceptable. Almindelig sikkerheds adfærd for arbejdets udførelse
1.5	Personnedstyrtning: - Fald som følge af udvendigt arbejde i stor højde - Fald gennem huller i konstruktion (fx i etageadskillelse eller facade) - Fald pga. råd i tag og gulve	X	Mindre sandsynligt forekommende hændelse med risiko for varige skader	Der tages følgende forholdsregler afhængigt af opgaven: 1) Rækværker / Stilladser 2) Kæder mindst 2 meter fra kant 3) Arbejde fra lift 4) Sikkerhedsliner og faldsikring	X	Forholdene er acceptable. Almindelig sikkerheds adfærd for arbejdets udførelse

Nr.	Identifikation af særlige risici	Sæt x	Risiko Score 1	Forebyggelse	Sæt x	Risiko Score 2
1.6	Intern trafik: - Ulykke som følge af påkørsel af mandskab eller besøgende (lastbiler, gravemaskiner m.m. på pladsen). - Påkørsel som følge af gennemkørende trafik	X	Meget usandsynligt forekommende hændelse, der kan resultere i dødsfald	<i>Området afspærres for uvedkommende.</i> <i>Medarbejdere og besøgende på pladsen bærer arbejdstøj med reflekser eller synlighedsvest.</i>	X X	Forholdene er acceptable. Almindelig sikkerheds adfærd for arbejdets udførelse
1.7	Skader som følge af tab af last pga.: - Svigtende kranmateriel - Forkert beregnet/anslået last (typisk kranløft med ukendt vægt, delvist fastsiddende last eller løft af sammensatte konstruktioner) - Demontering af betonelementer		Meget usandsynligt forekommende hændelse, der kan resultere i dødsfald	<i>Der etableres mandskabsfrit område rundt om kranen.</i> <i>Kun personer med kranførercertifikat arbejder med opgaven. Alternativt benyttes eksternt kranfirma med ansvar for kraning.</i> <i>Udstyr afprøves og vedligeholdes regelmæssigt.</i>		Forholdene er acceptable. Almindelig sikkerheds adfærd for arbejdets udførelse
1.8	Varmt arbejde (brug af vinkelsliber, skærebrændere, svejsning og lign.): Risiko for eksplosioner som følge af gnistantændelse: - Støvekspllosioner i lukkede rum: F.eks. melstøv, kulstøv eller træstøv. - Eksplosioner i tanke eller rør (typisk som følge af gnistantændelse af benzin eller olierester lukkede tanke og rør) - Mulighed for eksplosioner ved håndtering af syreholdige komponenter (fx batterier i nødstrømsanlæg)		Meget usandsynligt forekommende hændelse, der kan resultere i dødsfald	<i>Kun folk med lovpligtig §26 uddannelse arbejder med opgaven.</i> <i>Der anvendes sikkerhedsudstyr ifølge intern Kingo pjece "Sikkerhed og retningslinjer ved skæring - Produktionsanlæg".</i>		Forholdene er acceptable. Almindelig sikkerheds adfærd for arbejdets udførelse
1.9	Andre risici: Risiko for at blive ramt af gnister på kroppen		Meget usandsynligt forekommende hændelse, der kan resultere i dødsfald	<i>Der anvendes sikkerhedsudstyr ifølge intern Kingo pjece "Sikkerhed og retningslinjer ved skæring - Produktionsanlæg".</i>		Forholdene er acceptable. Almindelig sikkerheds adfærd for arbejdets udførelse

Nr.	Identifikation af særlige risici	Sæt x	Risiko Score 1	Forebyggelse	Sæt x	Risiko Score 2
2	Kemiske eller biologiske stoffer og materialer					
2.1	Asbest (udvendigt arbejde) Indånding af asbestfibre fra: - Rør- og kedelisolering - eternitplader - Affald	X	Sandsynligt forekom-mende hændelse med risiko for varige skader	Medarbejdere får særlig instruktion i opgaven. Området afspærres for uvedkommende. Retningslinjerne fra Dansk Asbestforening følges. Affald indpakkes og håndteres så fibre ikke kan spredes til omgivelserne. Mærkes "asbest". Bortskaffes til godkendt modtager.	X X X X	Forholdene er accep-table. Almindelig sikkerheds adfærd for arbejdets udførelse
2.2	Udsættelse for røg - Skærebrænding og svejsning - Brændstofdrevne maskiner		Sandsynligt forekom-mende hændelse med risiko for varige skader	Der anvendes turbomaske med A2/P3 filter. Der anvendes sikkerhedsbriller. Ved risiko for lav iltkoncentration anvendes mekanisk sug eller tryklufforsynet åndedrætsværn		Forholdene er accep-table. Almindelig sikkerheds adfærd for arbejdets udførelse
2.3	Efterladte kemikalier i affaldet, emballage og andre beholdere: - Skader ved hud- eller øjenkontakt pga. spild - Udvikling af giftedampe ved utilsigtet sammenblanding - Forgiftning eller kvælning som følge af indånding af skadelige dampe (f.eks. fra syreholdige batterier)	X X	Mindre sandsynligt forekom-mende hændelse med risiko for varige skader	Kemikalierester i dunke og lign: Samles i pallekasser og bortskaffes som farligt affald til godkendt modtageanlæg. Rester i anlæg og lign: Retningslinjerne i intern pjece "Sikkerhed og retningslinjer ved skæring – produktionsanlæg" følges.	X	Forholdene er accep-table. Almindelig sikkerheds adfærd for arbejdets udførelse
2.4	Vedligeholdelse af maskiner og værktøj Påvirkninger fra dieselolie, smørefedt og hydraulikolie til maskiner og brændstof til bilerne.	X	Sandsynligt forekom-mende hændelse med begrænset risiko for varige skader	Der anvendes så vidt muligt handsker. Fjern straks evt. oliespild fra huden. Forurenet tøj udskiftes med rent så hurtigt som muligt for at undgå olieeksem.	X X	Forholdene er accep-table. Almindelig sikkerheds adfærd for arbejdets udførelse

Side 5

Nr.	Identifikation af særlige risici	Sæt x	Risiko Score 1	Forebyggelse	Sæt x	Risiko Score 2
5	Psykkiske påvirkninger					
5.1	Risiko i forbindelse med: - Længerevarende tidspres - Ufuldstændig kommunikation	X X	Mindre sandsynligt forekomende hændelse med begrænset risiko for varige skader	Arbejdet planlægges med fokus på intern kommunikation, tilstrækkeligt og velfungerende materiel og medarbejderinddragelse.	X	Forholdene er acceptable. Almindelig sikkerheds adfærd for arbejdets udførelse

Denne APV er udfyldt af

Entrepriseleder: _____

Arbejdsmiljørepræsentant/medarbejdere: _____

Bilag 7 Gas-instruks

INSTRUKS VED ALARM FOR FARLIGE GASSER

Som nævnt i APV'en anvendes der altid personbårne gasdetektorer ved alle former for arbejde og ophold indenfor graveområdet.



Gasdetektoren måler 4 gastyper:

- | | |
|-----------------------------------|----------------------------------|
| • Ilt | (Vises som O ₂ %) |
| • Eksplosive gasser f.eks. Metan. | (Vises som LEL%) |
| • Svovlbrinte | (Vises som H ₂ S ppm) |
| • Kulmonooxid (Kulilte) | (Vises som CO ppm) |

Hvis enten iltindholdet falder, eller hvis indholdet af de 3 andre gasser stiger, giver detektoren en alarm (bippetone og lys).

Gasdetektoren bæres synligt i brystlomme eller i talje. Ved arbejde i maskine, kan detektoren også placeres synligt i kabinen.

Ved enhver form for alarm forlades udgravningen straks, hvorefter det kontrolleres, at alle øvrige medarbejdere også har forladt udgravningen.

Kontakt: Søren Nielsen, Renosyd mob.tlf. 22 22 67 52, eller
Gert Kjeldsen, Kingo mob.tlf. 25 16 91 22, eller
Lars Overgaard, DGE mob.tlf. 30 57 10 54,
hvorefter det besluttes, hvornår og hvordan arbejdet kan genoptages.

HUSK: Hver aften sættes gasdetektoren til opladning i mandskabsbygningen, således den er klar til næste dag.

Bilag 8 Affaldsfraktioner – numre og betegnelser

LFM-projekt Renosyd Skårup Deponi, Skanderborg. August-oktober 2016.

LFM-projekt: Fraktioner: Numre og betegnelser

Fraktion nr.	Sorteringstrin og betegnelse
	A. For-sortering af affald:
101	STORT JERN
102	STORE BROKKER + STEN
103	DÆK
105	STOR TUNG FOLIE + STORT BRÆNDBART
111	FARLIGT AFFALD A (ASBEST)
112	FARLIGT AFFALD B (AKKUMULATORER)
113	FARLIGT AFFALD C (KEMI KALIER)
	B. Grovsortering af affald (rystesortering):
201	FINFRAKTION - JORD
206	MELLEMFRAKTION
207	JERN FRA MELLEM- OG GROVFRAKTION
211	GROVFRAKTION
213	PLASTFOLIE OG LET MATERIALE FRA GROVFRAKTION
	C. Eftersortering (rystesorterer) af 206 mellemfraktion:
361	FINFRAKTION = JORD FRA EFTERSORT. MELLEMFRAKTION
364	GROVFRAKTION FRA EFTERSORT. MELLEMFRAKT.: STEN, TRÆ, GLAS MV
365	JERN FRA EFTERSORT. MELLEMFRAKTION
366	PLASTFOLIE FRA EFTERSORT. MELLEMFRAKTION
	D. Eftersortering (m. sortergrab) af 211 grovfraktion:
372	STORE STEN OG BROKKER FRA GRABSORT. GROVFRAKTION
373	TUNG FOLIE, TEKSTILER, TRÆ + DIV. BRÆNDBART FRA GROVFRAKTION
	E. Eftersortering (rystesorterer) af 211 grovfraktion:
377	FINFRAKTION = JORD FRA EFTERSORT. GROVFRAKTION
378	GROVFRAKTION FRA EFTERSORT. GROVFRAKT.: STEN, BROKKER, PLAST MV.
379	JERN FRA EFTERSORTERING GROVFRAKTION
380	PLASTFOLIE FRA EFTERSORTERING GROVFRAKTION

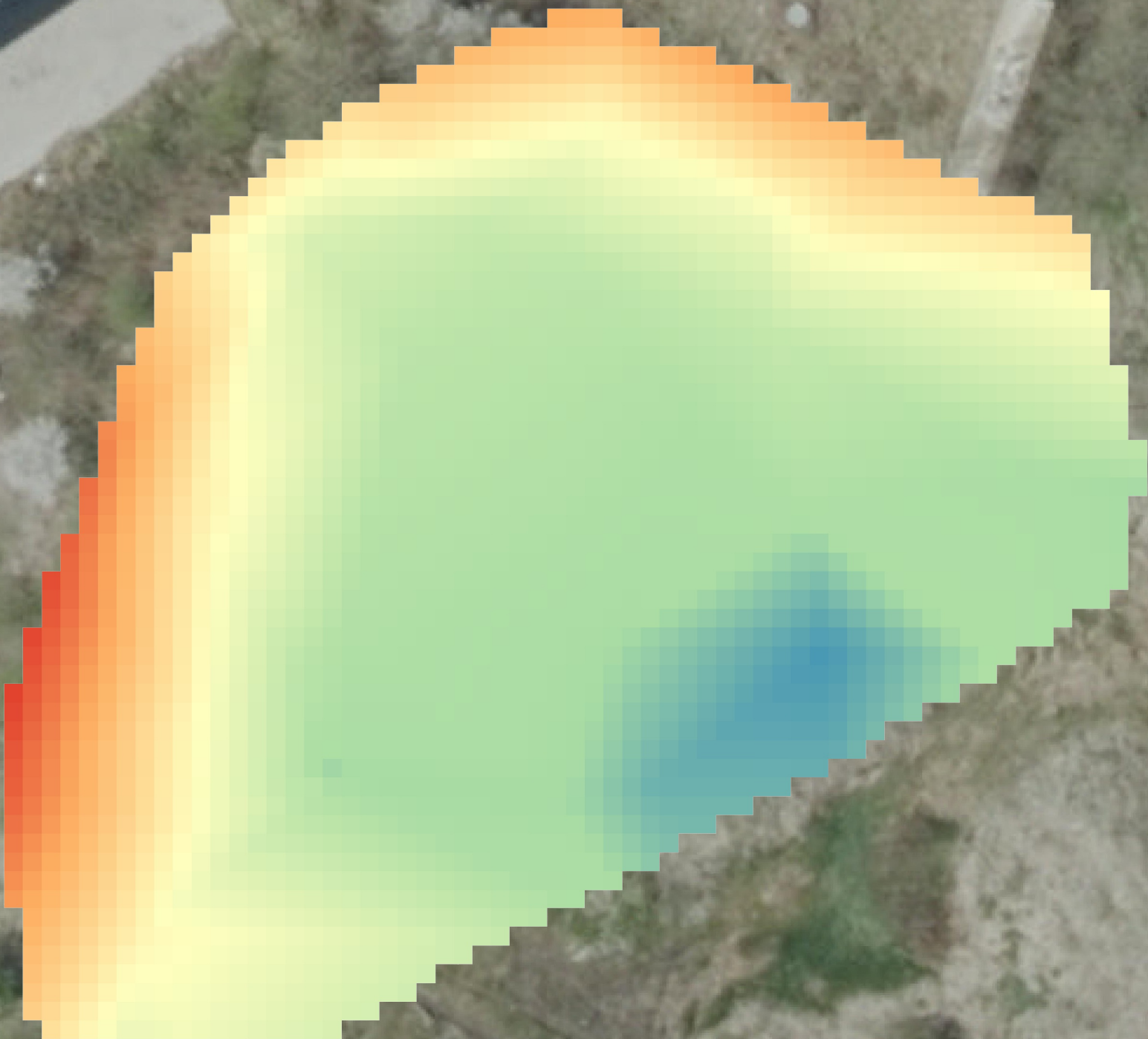
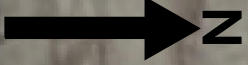
Noter: De her angivne fraktioner er de, som reelt kom i anvendelse under forsøget.

Et større antal numre var forberedt men kom ikke i anvendelse.

"Rystesorterer" var Keestrack sorteringsanlæg med 2 ekstramonterede

båndmagneter og en overmonteret sugeenhed, som fjernede let plastfolie.

Bilag 9 Illustrativ fremlæggelse af GPS data



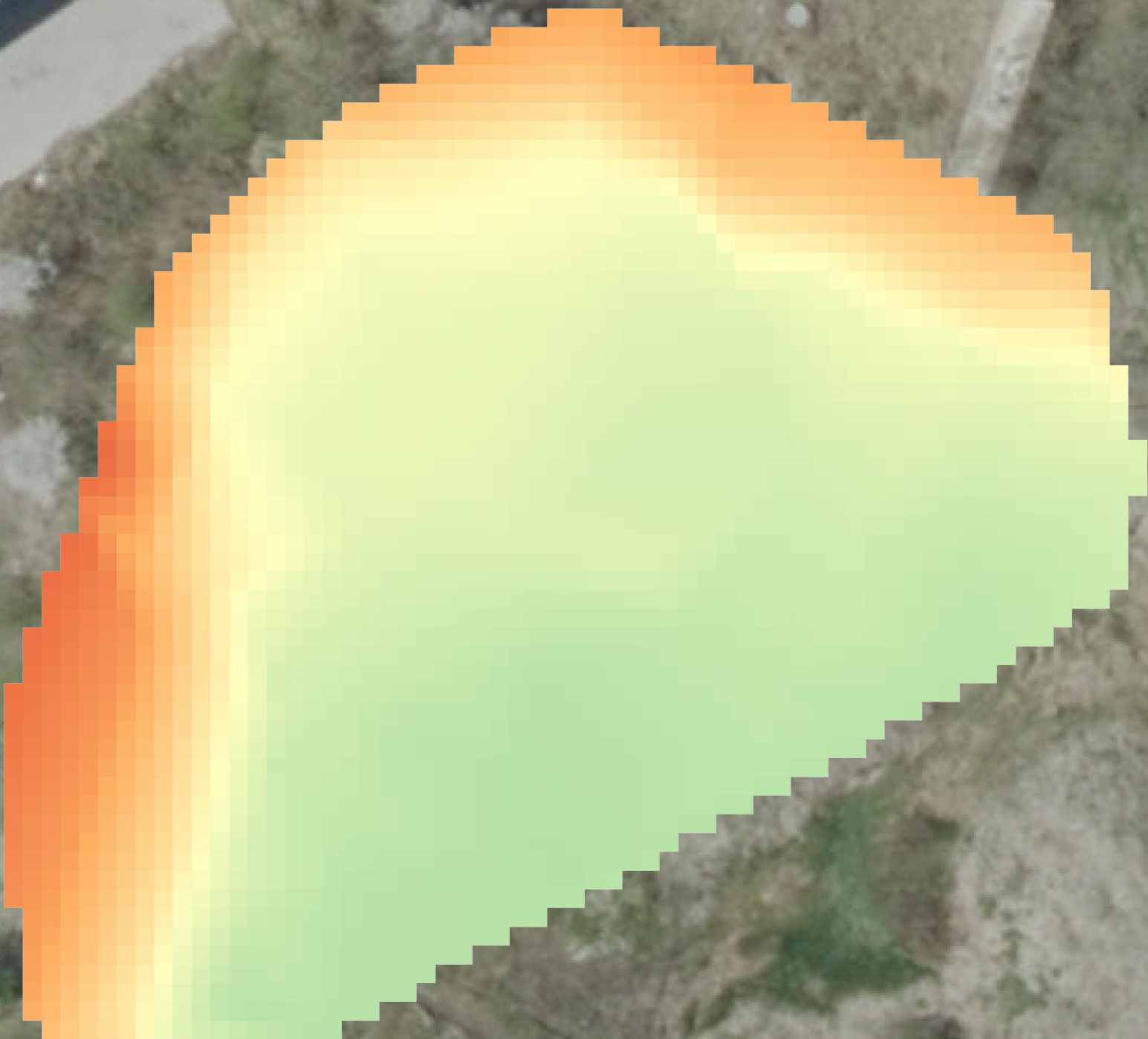
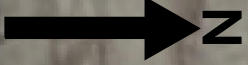
Bilag 4.1

Terrænkoter før
afgravning

60
63
66
69
72

1:300 (A3)



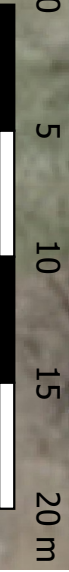


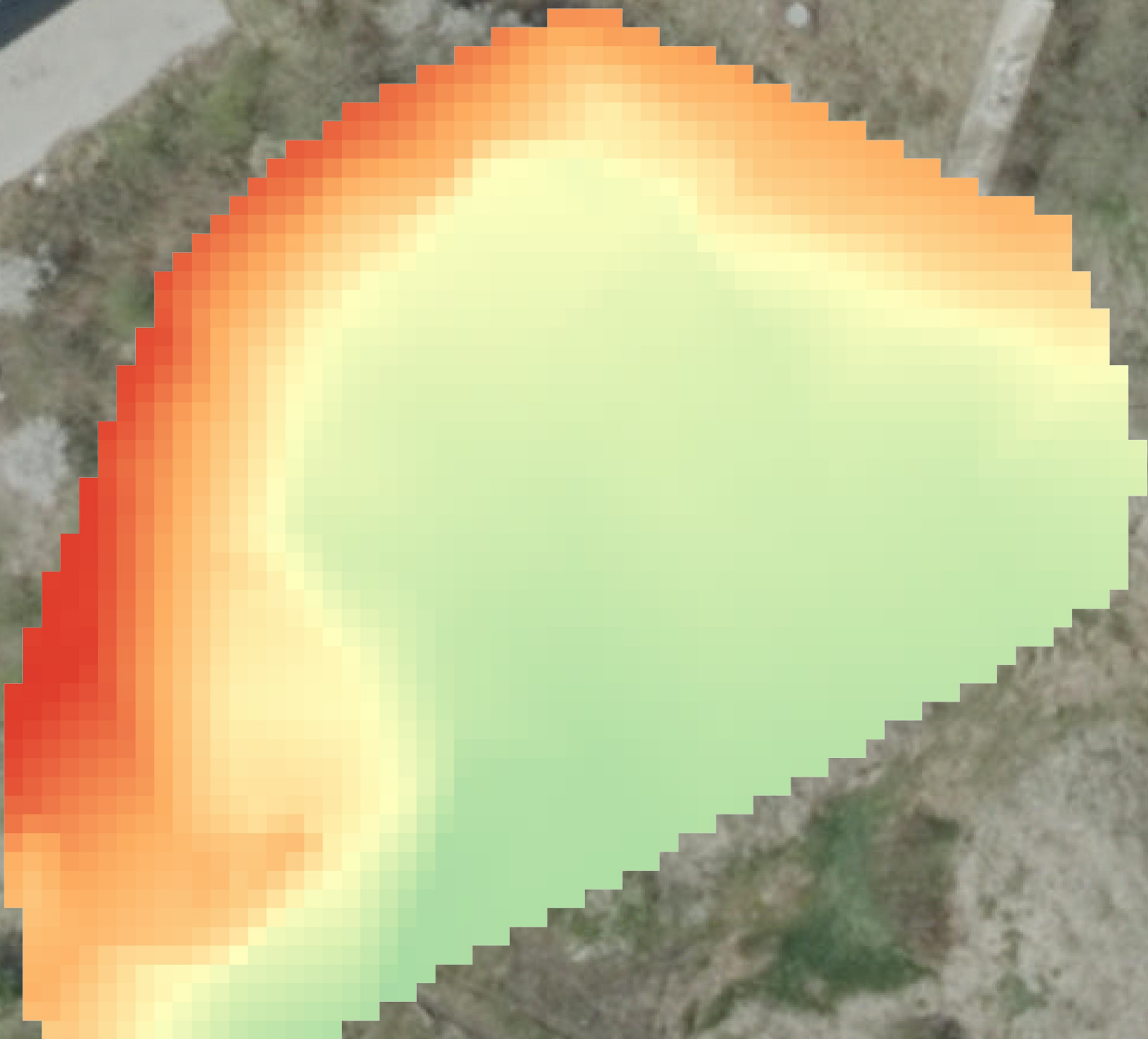
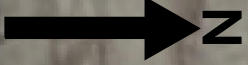
Bilag 4.2

Terrænkoter efter
afgravning af
topjord

60
63
66
69
72

1:300 (A3)



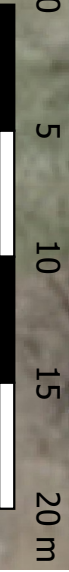


Bilag 4.3

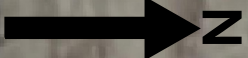
Terrænkoter efter
afgravning af
affald

	60
	63
	66
	69
	72

1:300 (A3)

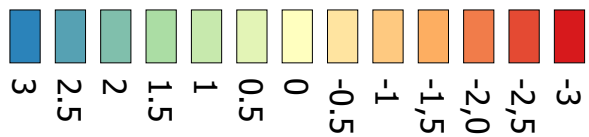


Bilag 10 Illustrativ fremlæggelse af mængdeberegning vha. GPS data

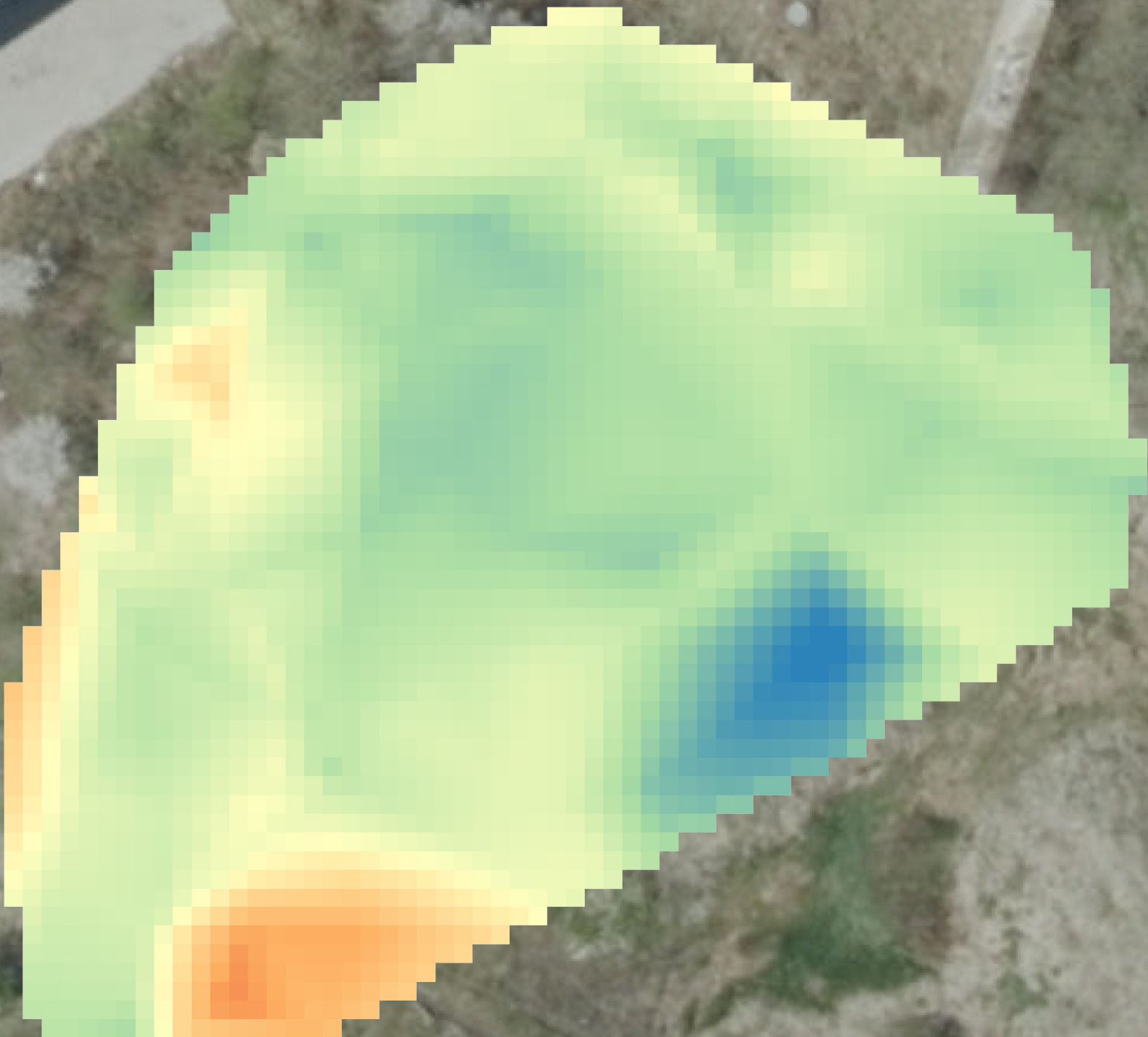


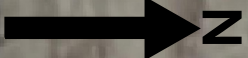
Bilag 5.1

Antal meter afgravet
topjord



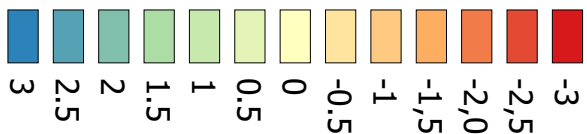
1:300 (A3)



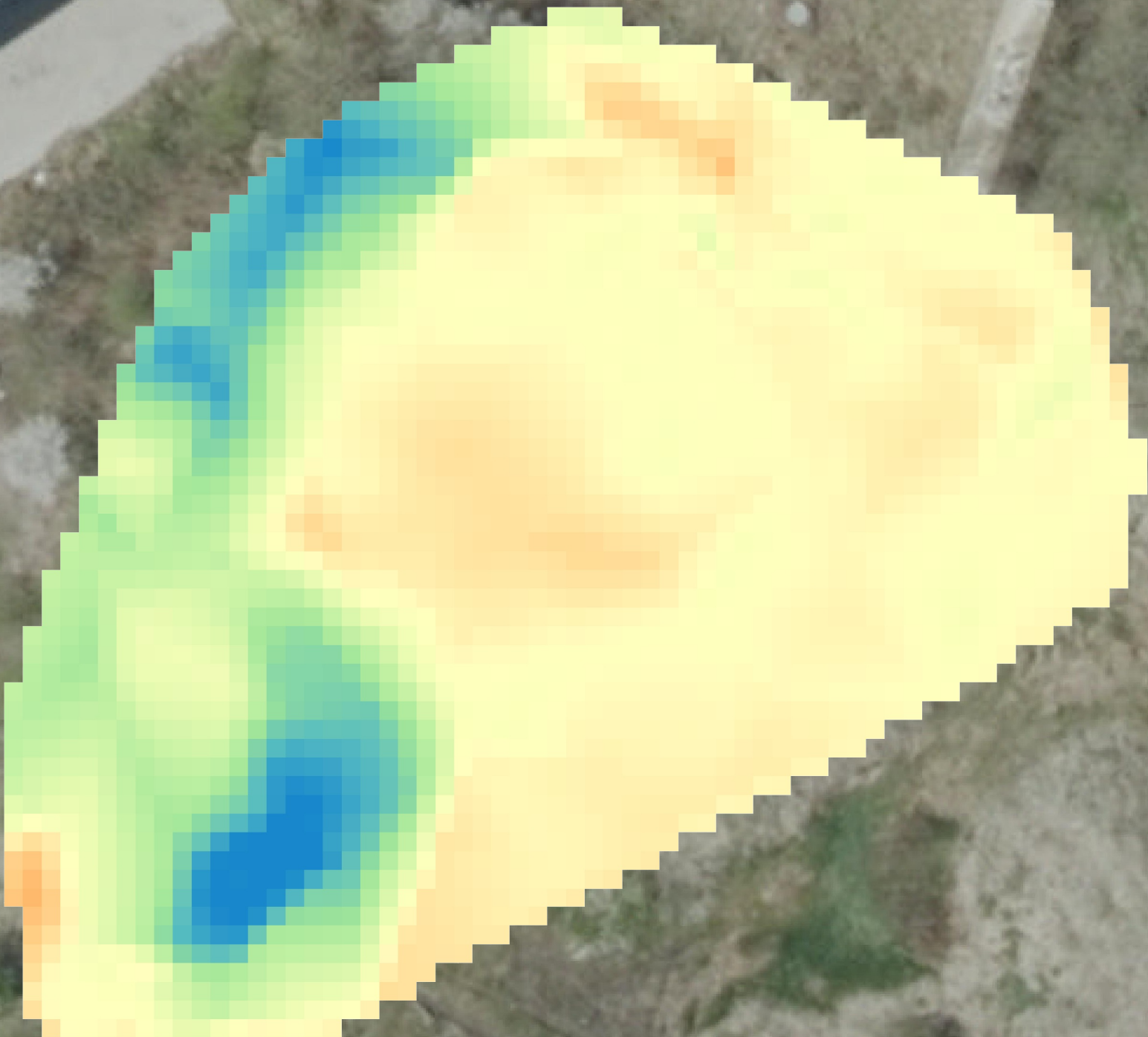


Bilag 5.2

Antal meter afgravet
affald



1:300 (A3)



Bilag 11 Beregning af affaldets sammensætning

Beregningsoversigt:

Skønsmæssig beregning af udgravede affaldskomponenter

NB: Beregningerne er udført efter skønsmæssige vurderinger og skal derfor kun ses som et groft skøn over mængdeforholdene.

	Resultater af for- og grovsortering	Fra eftersortering af 211 Grovfraktion			Fra eftersortering af 206 mellemfraktion			Om- postering	Samlet fordeling før opsplitning af	Ompost. 105 Stort	Samlet fordeling MED opsplitning
		af 211 Grovfraktion	af 206 mellemfraktion	poster	før opsplitning af	105 stort brændbart	brændbart af stort brændbart				
		direkte	restfrakt.	sum	direkte	restfrakt.	sum	101 & 103	105 stort brændbart	105 stort	MED opsplitning
	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	l alt kg	kg	l alt kg
For-sortering:		(Note 1)	(Note 2)		(Note 2)					(Note 3)	
101 Stort jern	2.500	4,8	2.500	0,12		-	-	-2.500	-		
102 Store sten og brokker	8.820	16,8	8.820	0,43	5.530	71.496	77.026	261.007	12,5	4.712	265.719
103 Bil- og traktordæk	3.080	5,9	3.080	0,15		-	-	-3.080	0,0		-
105 Stort brændbart:											
tung folie, tæpper, klæde, træ	37.940	72,4	37.940	1,85	56.300	56.300	-	94.240	4,5	-94.240	-
111 Farligt affald A - asbest	2	0,0	2	0,00		-	-	2	0,0		2
112 Farligt affald B - akkumulatorer	20	0,0	20	0,00		-	-	20	0,0		20
113 Farligt affald C - oliefiltre	15	0,0	15	0,00		-	-	15	0,0		15
I alt for-sorteret	52.377	100,0		-		-	-		0,0		-
Grovsortering:				-			-		0,0		-
201 Finfraktion fra grovsortering	1.262.600	63,2	1.262.600	61,62	53.160	11.916	65.076	128.700	112.440	241.140	9.424
206 Mellemfraktion fra grovsortering	495.580	24,8	495.580	24,19							
207 Jern fra grovsortering	24.060	1,2	24.060	1,17	520	520		2.500	31.526		31.526
211 Grovfraktion fra grovsortering	211.000	10,6	211.000	10,30					0,0		-
213 Plastfolie fra grovsortering	3.480	0,2	3.480	0,17	3.160	4.766	7.926	1.370	36.009	37.379	23.560
Træ i restfraktioner					17.874	17.874		21.221	21.221	39.095	14.136
Hård plast i restfraktioner					4.766	4.766		13.844	13.844	18.610	53.231
Glas i restfraktioner					3.575	3.575		4.446	4.446	8.021	23.322
Gummi i restfraktioner					1.192	1.192		3.470	3.470	7.742	8.021
Tekstil og tæpper i restfraktioner					3.575	3.575		3.080	7.742	37.696	7.742
Kontrolsummeringer:					118.670	119.160	237.830	131.080	2.493	2.493	43.764
I alt grovsorteret	1.996.720	100,0						-	2.083.947	100,0	2.083.947
I alt affald udgravet, for-sorteret og grovsorteret:	2.049.097	100,00									

Note 1: Restfraktionen (fraktion 378) på ca. 119 tons fordeles efter skønsmæssig vurdering af procentuel sammensætning af delkomponenterne.

Note 2: Restfraktionen (fraktion 364) på ca. 373 tons fordeles ved procentuel fordeling ud fra resultatet af håndsortering af delmængde på ca. 550 kg.

Note 3: Fraktion 105 = Stort brændbart fra for-sortering fordeles efter skønsmæssig vurdering af procentuel sammensætning af delkomponenterne.

Bilag 12 Fotos projektforløb

FOTO-BILAG: Foto 1.-9. Fotos fra LFM projektforløbet.

LandFill Mining projekt, Skårup Deponi, Renosyd, Skanderborg. August – oktober 2016.



Foto 1. Afgravning af dækjord



Foto 2. Udluftningshul til gasafdampning



Foto 3. Bærbær gasmåler



Foto 4. Typisk affaldsfront under udgravning



Foto 5. Kee-track sorteranlæg: Til højre indløbskasse (/fødekasse). I midten vibrationskasse med sold. Nærmeste udløbsbånd til venstre: finfraktion. Udløbsbånd til dumper: grovfraktion. Udløbsbånd til højre: mellemfraktion. Lukket container: lette plast folier fra plastsuger. Båndmagneter er ophængt over udløbsbånd for mellem- og grovfraktion.



Foto 6. To gravemaskiner for-sorterer affald inden ilægning i sorteranlæg.



Foto 7. Eftersortering af fraktion 211 = grovfraktionen fra den første sortering ('grovsorteringen').



Foto 8. Eftersortering af 206 = mellemfraktionen fra den første sortering ('grovsorteringen').



Foto 9. Udlægning af afdækningsjord efter retablering af deponi.

Bilag 13 Fotos fraktioner

FOTO-BILAG: Foto 10.-23. Fotos af enkelt-fraktioner LFM-affaldssorteringen .
LandFill Mining projekt, Skårup Deponi, Renosyd, Skanderborg. August – oktober 2016.



Foto 10. Fraktion nr. 101 Stort jern fra for-sortering.



Foto 11. Fraktion nr. 103 Dæk fra for-sortering.



Foto 12. Fraktion nr. 105 Stor folie og andet stort brændbart fra for-sortering.



Foto 1. Fraktion nr. 105 Stor folie og andet stort brændbart fra for-sortering.



Foto 14. Fraktion nr. 201 Finfraktion = jord fra grovsortering.



Foto 15. Fraktion nr. 201 Finfraktion = jord fra grovsortering lægges i 120 tons stakke for analyse.



Foto 16. Fraktion nr. 206 Mellemfraktion fra grovsortering.



Foto 17. Fraktion nr. 206 Mellemfraktion lagt på mellemlager (inden eftersortering).



Foto 18. Fraktion nr. 211 Grovfraktion fra grovsortering.



Foto 19. Fraktion nr. 211 Grovfraktion fra grovsortering på mellemlager inden eftersortering.



Foto 20. Fraktion nr. 213 Let plastfolie fra grovsortering (i lukket container).



Foto 21. Fraktion nr. 213 Let plastfolie fra grovsortering (i hal hos Renosyd).



Foto 22. Fraktion nr. 378 Grovfraktion fra eftersortering af grovfraktion.
Restfraktionen ligger her på mellemlager inden gendeponering.



Foto 23. Fraktion nr. 364 Grovfraktion fra eftersortering af mellemfraktion.
Restfraktionen gendeponeres, men ca. 500 kg. udtages til håndsortering.

Bilag 14 Fotos håndsortering

FOTO-BILAG: Foto 24.-34. Fotos fra håndsortering af grovfraktion fra eftersortering af mellemfraktion.

LandFill Mining projekt, Skårup Deponi, Renosyd, Skanderborg. August – oktober 2016.



Foto 24. Håndsortering af 364 = grovfraktionen fra eftersortering af mellemfraktionen fra første sortering.



Foto 25. Alle 9 fraktioner: Øverste række fra venstre mod højre: A. Sten og brokker, B. Jord, C. Let plastfolie; Række 2: D. Træ, E. Hård plast, F. Glas; Række 3: G. Gummi, H. Jern og metal, I. Tekstiler.



Foto 26. A. Sten og brokker.



Foto 29. D. Træ.



Foto 27. B. Jord.



Foto 30. E. Hård plast.



Foto 28. C. Let plastfolie.



Foto 31. F. Glas.



Foto 32. G. Gummi.



Foto 33. H. Jern og metal.



Foto 34. I. Tekstiler.

Bilag 15 Beregningsmodel for LFM-scenarier

Bilag 16 Beskrivelse og forklaring af omkostningsvariabler jf. bilag 15

Som resultat af Landfill Mining projektet på Affaldscenter Skårup, er der foretaget en række økonomiske beregninger der beskriver projektets omkostninger og indtægter samt andre økonomiske og regnskabsmæssige forhold. Disse faktuelle tal er benyttet som baggrund for udregningen af en række enhedsomkostninger og -indtægter, som er anvendt til beregning af de scenarier, som er opført i rapportens afsnit 11 og bilag 15. For at lette forståelsen af de anvendte faktorer er de beskrevet nærmere i den følgende oversigt.

I slutningen af bilaget er der en kort gennemgang af det regneark, som ligger til grund for bilag 15. Regnearket til tilgås på hjemmesiden <http://landfillmining.dk>, og kan benyttes til at foretage en økonomisk beregning af et Landfill Mining scenarie efter eget valg, og ved benyttelse af egne variable.

Variabel faktor	Bemærkninger til faktoren og dens anvendelse i projektet
Affaldsmængde	Der er benyttet en affaldsmængde på 2.084 ton ved forsøget og de efterfølgende beregninger af enhedspriser. Ved scenarierne er der benyttet en stipuleret affaldsmængde på 67.500 ton, hvilket svarer til den beregnede affaldsmængde i etape 1 på Skårup deponi. Heri er ikke indregnet afdækningsjord. Der er anvendt en vægtfylde på 1,5. Ved beregning af et scenarie for et vilkårligt deponi eller en vilkårlig losseplads, kan tallene enten hentes fra de konkrete registreringer af tilført affald, eller det kan beregnes ud fra volumen, hvis det kendes eller kan estimeres.
Areal	10.000 m ² er benyttet på etape 1 i Skårup inkl. skråninger. Ved scenarier på andre steder, kan arealet evt. beregnes ud fra luftfoto.
Dækjord	Estimering af den samlede mængde dækjord, som kan afrømmes og genanvendes direkte som ren jord - til eksempelvis afdækning. I Skårup er mængden fremkommet ved at antage, at hele arealet i gennemsnit er dækket med 1,5 ton/m ² . Her er taget hensyn til skrå flader og at der er varierende lagtykkelse under 1 meter.
Sten og beton-/teglbrokker til genanvendelse	I beregningerne har vi kalkuleret omkostning for knusning 25 kr./ton og salgspris som beton-/teglbrokker i Jylland 20 kr./ton. Højere priser kan opnås for rene marksten (evt. til knusning) og for ren betonknus, men vi mener ikke, at det er realistisk at få de rene fraktioner udsorteret fra deponiaffald.
Jern og metal til genanvendelse	Pris på udsorteret jernskrot varierer fra uge til uge og fra år til år. Salgsprisen er sat til 900 kr./ton – vurderet som en rimelig og aktuel pris.
Lettere forurennet jord (finfraktion)	Ved projekter, hvor lettere forurennet jord – også kaldet klasse 2 jord – kan genindbygges (støjvolde, havneopfyldninger o. Lign.) betaler leverandøren en pris, som vi har sat til 80 kr./ton plus kørsel, som her er sat til 25 kr./ton.
Forbrændingseget	For forbrændingseget affald er indsat afregningsprisen 510 kr./ton, som er Renosyds pris for modtagelse på Affaldscenter Skårup. Affaldet knuses her og køres til forbrænding på Renosyds kraftvarmeværk i Skanderborg.
Gendeponeret finfraktion	Ved forsøget blev finfraktionen, som var klassificeret som lettere forurennet, gendeponeret på etape 1 uden betaling af deponiafgift. I scenarierne 1 til 8, hvor alt affald i etape 1 bortgraves, er indsat Renosyds normale deponiafgift for en igangværende etape 6: 420 kr./ton.
Gendeponeret restfraktion	Restfraktionerne, som var blandingsfraktioner med sten, brokker, hård og blød plast, jordklumper, glas m.v. blev gendeponeret på etape 1 uden betaling af deponiafgift. I scenarierne hvor hele etape 1 opgraves og 'tømmes' er indsat Renosyds normale deponiafgift for en igangværende etape 6: 420 kr./ton.
Anden deponering af restaffald	Dersom hele eller en del af affaldet skal gendeponeres på et andet deponi, er der her anvendt den samme pris som for deponering internt: 420 kr./ton. Der er ikke indregnet transportomkostninger.
Farligt affald	Ved forsøget fremkom kun minimale mængder af farligt affald som asbestplader og akkumulatorer. Helt skønsmæssigt har vi ansat en pris for bortskaffelse af farligt affald til 5.400 kr./ton.
Forurennet jord	De 30 tons stærkt forurennet jord, som fremkom ved forsøget, var forurennet med kulbrinter i form af PAH-stoffer. Jorden blev kørt til Kingo Karlsen A/S

	jordrenseplads i Silkeborg, hvor der blev betalt 325 kr./ton for afleveringen, og hvortil transporten beløb sig til 35 kr./ton.
Værdi af frigivet/sparet deponeringsareal	Det areal, som frigives ved opgravning og fjernelse af affaldet repræsenterer en værdi som et nyt deponeringsareal. Værdien er fastsat til 401 kr./m ² , hvilket er gennemsnittet for to nyligt etablerede deponier hos RenoDjurs og Renovest.
Tilbageført affaldsafgift	Den aktuelle affaldsafgift er i øjeblikket 475 kr./ton.
Tilbageført sikkerhedsstillelse/henlæggelser	Sikkerhedsstillelsen for det enkelte anlæg er fastlagt i samråd med den enkelte kommune, og er specifik for de enkelte anlæg. For Skårup Deponi er henlæggelserne beregnet til 18 kr./ton. Det bør i de enkelte tilfælde undersøges nærmere, hvorvidt denne sikkerhedsstillelse kan frigives helt eller delvist.
Sparede perkolatomkostninger og drift i 30 år	De fremtidige omkostninger til perkolatbehandling m.v kan være indregnet i henlæggelserne for det enkelte anlæg. For Skårup Deponi er denne del indregnet i henlæggelserne til en beregnet værdi af 400 kr./m ² .
Sparede omkostninger for yderligere 50 års drift	Det er i øjeblikket ikke fastlagt, hvorledes sikkerhedsstillelsen for affaldsdeponierne skal beregnes i fremtiden, og hvor lang tid de i fremtiden skal løbe. Da der kan være tale om en bunden 80 års efterbehandlingstid, har vi fastsat en sådan forlængelse til det samme årlige beløb, hvilket betyder, at en 50 års forlængelse vil repræsentere en omkostning på 667 kr./m ² .
Værdi af område frigivet til andet formål	Dersom et frigivet deponeringsareal ikke skal anvendes til deponering igen, kan det frigives til andre formål. Værdien af et sådant område varierer meget afhængig af området og de mulige anvendelser. Vi har her fastsat værdien til 400 kr./m ² , hvilket er et gennemsnit af prisen for erhvervsarealer i Skanderborg i slutningen 2016 (ejendomstorvet.dk).
Ekstraordinære besparelser/indtægter	Her er der mulighed for at tilføje eventuelle specielle forhold, som gør sig gældende ved beregning af et specifikt scenarie.

For at øge anvendeligheden af det materiale, der er tilvejebragt under projektet, har man valgt at lade beregningsark, som er udviklet og benyttet til kalkulation af økonomien ved de forskellige scenarier, være tilgængeligt for alle. Tanken er at beslutningstagere, der overvejer at benytte landfill mining på et deponi eller et andet område med store affaldsmængder, kan lægge de kendte og stipulerede faktorer for deponiet ind i regnearket, og derved får et billede af, hvorledes økonomien ved et sådant projekt kan se ud. Det skal slås fast, at al benyttelse af beregningsarket og dets resultater er brugerens ansvar.

Beregningsarket er et Excel-regneark, som kan tilgås på adressen <http://landfillmining.dk/???>. Vi har valgt ikke at låse regnearket eller dele heraf, hvilket betyder, at brugeren kan tilrette de variable efter behov og egne ønsker. Som sædvanlig bør man dog være påpasselig med ændringer i beregningsceller.

For at få en bedre overskuelighed, er der benyttet forskellige baggrundsfarver til de forskellige anvendelser af områderne i beregningsarket:

- De øverste fem linjer er alene overskrifter, som beskriver de enkelte scenarier.
- Det grønne område fra linje 7 til 31 og kolonne I til X benyttes til indtastning af de variable for det scenarie, der ønskes beregnet på.
- De blå celler i kolonne D og E angiver de enhedspriser, som ligger til grund for beregningerne på de indtastede scenarier. Værdierne i kolonne D er fastlagt på baggrund af retningslinjerne i tabellen oven for og kan variere en del afhængig af projektet. En del af disse værdier bør derfor justeres afhængig af projektet, som man ønsker at beregne på.
- De grå celler fra linje 33 til 66 angiver resultaterne af beregningerne, dels for omkostningerne (linje 33 til 50), dels for indtægterne (linje 52 til 62) og endelig for det samlede projektscenarie (linje 64 og 66).

Udnyttelse af ressourcer og energi ved Landfill Mining

Knapheden på ressourcer af forskellig art er et stadig stigende problem. Samtidig er der kommet større fokus på at benytte produktionssystemer baseret på cirkulær økonomi. Som en følge heraf er der en øget interesse for at kunne opspore og udnytte de materialer, som ligger gemt i gamle lossepladser og affaldsdepoter. Opgravning og genanvendelse af affald herfra betegnes 'Landfill Mining', og har været inde i en teknologisk udvikling de senere år.

Ved Landfill Mining opgraves de forskelligartede materialer, som i varierende grad kan genanvendes. Desuden frigøres der arealer, som kan benyttes til byudvikling og andre formål, samtidig med at de natur- og miljømæssige trusler fra affaldet minimeres eller helt elimineres. Udsivning fra lossepladser udgør i dag et væsentligt miljøproblem.

Der er imidlertid en række omkostninger forbundet med at udføre Landfill Mining. Ikke alene opgravningen og sorteringen af affaldet, men også arbejdet med at få de udsorterede affaldsfraktioner til at indgå i genanvendelsessystemerne er omkostningskrævende. Endelig har det vist sig, at Landfill Mining berører en lang række forskellige administrative områder og er underlagt lovgivning inden for især miljø, skat, energi og affald generelt. Disse reguleringsmæssige hensyn kan være vanskelige at imødegå på en hensigtsmæssig måde.

I nærværende projekt er der udført Landfill Mining i en mindre del af et affaldsdepot samtidig med at materialestrømmene og økonomien er fulgt tæt. Resultaterne heraf er benyttet til at vurdere omkostningerne og de praktiske udfordringer ved forskellige typer Landfill Mining og til at udarbejde en forretningsmodel for, hvorledes Landfill Mining kan gennemføres under forskellige forhold.



Miljøstyrelsen
Haraldsgade 53
2100 København Ø

www.mst.dk