

**Potentieelbepaling Landfill
Mining en
saneringsnoodzaak
stortplaatsen in
Vlaanderen
Eindrapportage Mei 2013**



Documentbeschrijving

1. *Titel publicatie*
Potentieelbepaling Landfill Mining en saneringsnoodzaak stortplaatsen in Vlaanderen
Eindrapportage Mei 2013

2. *Verantwoordelijke Uitgever*
Danny Wille, OVAM, Stationsstraat 110, 2800 Mechelen
3. *Wettelijk Depot nummer*

4. *Aantal bladzijden*
141
5. *Aantal tabellen en figuren*

6. *Prijs**
7. *Datum Publicatie*

8. *Trefwoorden*
Landfill mining, Flaminco, potentieelbepaling, saneringsnoodzaak, stortplaatsen, Vlaanderen

9. *Samenvatting*
Vlaanderen kent om en bij de 2.000 stortplaatsen. Op een tiental locaties zijn er momenteel nog activiteiten. Ruim 80% was gesloten medio jaren '80. Om het potentieel voor landfill mining in te kunnen schatten werd het model Flaminco ontwikkeld (Flanders Landfill Mining, Challenges and Opportunities). Dit model geeft een eerste inschatting van het potentieel voor landfill mining van een stortplaats op basis van 7 criteria (type stortplaats, tijdstip storten, volume stortmateriaal, ligging van de stortplaats, andere stortplaatsen in de omgeving, ontsluiting van de stortplaats en saneringsnoodzaak van de stortplaats). In een tweede fase kan de potentieelinschatting verfijnd worden op basis van gericht veldwerk. Deze publicatie past in het ruimer ELFM-onderzoeksproject van de OVAM en geeft de methodiek en beschrijving weer om op basis van bovenvermelde 7 criteria een eerste inschatting te maken van het ELFM-potentieel van een stortplaats.

10. *Begeleidingsgroep en/of auteur*
Peter Van den bossche (Witteveen+Bos), Nele Bal (Tauw), Tom Behets (OVAM), Luk Umans (OVAM), Eddy Wille (OVAM)

11. *Contactperso(o)n(en)*
Tom Behets (OVAM), Luk Umans (OVAM), Eddy Wille (OVAM)

12. *Andere titels over dit onderwerp*

Gegevens uit dit document mag u overnemen mits duidelijke bronvermelding.

De meeste OVAM-publicaties kunt u raadplegen en/of downloaden op de OVAM-website: <http://www.ovam.be>

Inhoudstafel

1	Inleiding	9
1.1	Historisch traject: de ontginning van stortplaatsen	9
1.2	Bredere kader aanpak stortplaatsen binnen concept “materiaalkringloop”	10
1.3	Concept Enhanced Landfill Mining (ELFM) vanuit onderzoeksconsortium	11
1.4	Globale doelstellingen OVAM binnen het kader van Landfill Mining en stortplaatsbeheer	11
1.4.1	Doelstellingen	11
1.4.2	Termijnen	12
1.5	Concrete doelstellingen binnen studie “Raamcontract Landfill Mining”	13
1.6	“Scoren op twee sporen”	15
1.7	Overzicht verschillende ambities en doelstellingen stortplaatsbeheer	16
2	Databank stortplaatsen in Vlaanderen	17
2.1	Lijst 72 stortplaatsen selectie KUL	17
2.1.1	Oppervlakte stortplaatsen	18
2.1.2	Type en inhoud van de stortplaatsen	19
2.1.3	Ouderdom stortplaats	19
2.2	Lijst 1690 stortplaatsen LFM-databank	20
3	Deelopdracht 1: Uitwerken LFM-criteria en bepalen milieu-prioritering	23
3.1	Inleiding	23
3.1.1	Doelstellingen	23
3.1.2	Overzicht criteria	24
3.1.3	Matrix doelstellingen - criteria	24
3.1.4	Resultaat	24
3.1.5	Leeswijzer	25
3.2	Algemeen overzicht criteria en wegingsfactoren	25
3.2.1	Criterium 1: Type stortplaats	25
3.2.2	Criterium 2: Ouderdom stortplaats	27
3.2.3	Criterium 3: Volume stortplaats	27
3.2.4	Gebruik stortplaats	28
3.2.5	Criterium 5: Ontsluiting stortplaats	29
3.2.6	Criterium 6: Omgeving stortplaats	30
3.3	Wegingsfactoren	30
3.3.1	Gewicht per criterium voor het bepalen van het potentieel	31
3.3.2	Gewichten op basis van de kenmerken van de te evalueren stortplaats	31
3.4	Doelstelling 1: Waste to Energy (WtE)- energie	40
3.4.1	Inleiding	40
3.4.2	Criterium 1 - type	40
3.4.3	Criterium 2 – Volume	44
3.4.4	Criterium 3 – Ouderdom	45
3.4.5	Criterium 4 – gebruik	46
3.5	Doelstelling 2: Waste to Materials (WtM) – materialenbeheer	47
3.5.1	Inleiding	47
3.5.2	Criterium 1 – type	47
3.5.3	Criterium 2 – volume	52
3.5.4	Criterium 3 – Ouderdom	52
3.5.5	Criterium 4 – Gebruik	52
3.5.6	Criterium 5 – Ontsluiting	52
3.5.7	Criterium 6 – Omgeving	52
3.6	Doelstelling 3: Waste to Land (WtL) – ruimte	52
3.6.1	Inleiding	52
3.6.2	Criterium 1 – Type stortplaats	53
3.6.3	Criterium 3 – Volume	53
3.6.4	Criterium 4 – Verbruik	53

3.7	Doelstelling 4: Resource management (RM) – Voorraadbeheer Temporary storage	54
3.7.1	Inleiding	54
3.7.2	Criterium 1 – Type	55
3.7.3	Criterium 5 – Ontsluiting	55
3.7.4	Criterium 6 – Omgeving	56
3.8	Technische uitwerking rekentool milieuprioritering LFM: het FLAMINCO-model	56
3.8.1	Inleiding	56
3.8.2	Tabblad “Begeleiding”	57
3.8.3	Tabblad “Moederdatabase”	57
3.8.4	Tabblad “Werkdatabase”	57
3.8.5	Tabblad “Input”	57
3.8.6	Tabblad “LF Minst”	57
3.8.7	Tabblad “samenvatting per doelstelling”	58
3.8.8	Tabblad ‘samenvatting per stort’	59
4	Deelopdracht 2: Opzet Field Design	63
4.1	Opzet Field Design	63
4.1.1	Selectie van prioritair te onderzoeken stortplaatsen	63
4.1.2	Opzet Fielddesign- project	64
4.1.3	Uitvoering Fielddesign- project	64
4.1.4	Uitvoering veldwerk	71
5	Deelopdracht 3: Screening saneringsnoodzaak	75
5.1	Conceptueel site Model stortplaats	75
5.2	Stap 1: Prioritering saneringsnoodzaak o.b.v. algemene karakteristieken stortplaats en omgeving	76
5.2.1	Geselecteerde criteria voor prioritering	77
5.2.2	Rekentool prioritering saneringsnoodzaak	79
5.3	STAP 2: Verzamelen bijkomende informatie o.b.v. veld- en analysecampagne	85
5.4	STAP 3: Bepaling saneringsnoodzaak o.b.v. gedetailleerde risico-evaluatie en prioritering	86
6	Koppeling potentieel LFM – saneringsnoodzaak	87
7	Koppeling Rekentool GIS	88
8	Deelopdracht 4: Screening alternatieve onderzoekstechnieken	89
8.1	Inleiding	89
8.2	Voorafgaand: enkele algemene “klassieke” onderzoekstechnieken stortplaats	89
8.2.1	Algemeen vooronderzoek	89
8.2.2	Historische luchtfoto's en oude topografische kaarten	90
8.2.3	AGIV/DOV-Vlaanderen/Google maps	91
8.2.4	Info opvragen gemeente, provincie, heemkundige kringen, omwonenden, etc.	91
8.2.5	Visuele inspectie tijdens terreinbezoek	92
8.2.6	“Klassieke” onderzoekstechnieken	93
8.2.7	Stortgasmetingen	94
8.2.8	Geurhinder	95
8.2.9	Draagkracht en metingen inzake zettingen	95
8.3	Selectiecriteria “alternatieve” onderzoekstechnieken	95
8.4	Onderzoekstechnieken stortplaatsen	101
8.4.1	XRF	101
8.4.2	EM	102
8.4.3	TEM	105
8.4.4	Grondradar	106
8.4.5	Magnetometer	108
8.4.6	Geo- elektrische tomografie	110
8.4.7	RTC-GPS	112
8.4.8	MIP-CPT	112
8.4.9	UV Fluorescentiemeting – ROST	114
8.4.10	Luminescentie NIR (near infrared reflectometry)	115

8.4.11	Gamma Spectrometer	116
8.4.12	Seismiek (ConsoliTest™)	118
8.4.13	SP meting (self potential/groundtracer)	120
8.4.14	Bodempluchtsonde	121
8.4.15	Camerasonde	122
9	Besluit en openstaande acties	125
9.1	Samenvatting uitgevoerde werkzaamheden	125
9.2	Hiaten en openstaande acties	127
Bijlage 1:	Lijst van tabellen	129
Bijlage 2:	Lijst van figuren	131
Bijlage 3:	Bibliografie	133
Bijlage 4:	Rekentool prioritering potentieelbepaling Landfill Mining en relatieve potentiële saneringsnoodzaak: het geïntegreerde Flaminco-model	135
Bijlage 5:	Rekentool prioritering bepaling saneringsnoodzaak stortplaatsen (eveneens als onderdeel opgenomen in Flaminco-model)	137
Bijlage 6:	Geografische ligging 1690 stortplaatsen (LFM-databank)	139
Bijlage 7:	Nederlandse richtlijn herstel en beheer	141

1 Inleiding

In opdracht van de OVAM voert de Tijdelijke Handelsvereniging Tauw België nv– Witteveen+Bos Belgium de studie “Raamcontract Technische ondersteuning Landfill Mining” uit.

Het voorwerp van deze opdracht is de OVAM technisch te ondersteunen bij het project Landfill Mining (LFM) op stortplaatsen in het Vlaams Gewest en omvat o.a. het opzetten van een methodiek om het potentieel tot Landfill Mining en de saneringsnoodzaak van stortplaatsen te bepalen.

In Hoofdstuk 1 wordt verder eerst het historisch traject van stortplaatsbeheer en vervolgens de brede concepten “kringlooeconomie” en “Enhanced Landfill Mining”, die mee aan de basis voor deze studie liggen, besproken. Daarna wordt de visie van de OVAM op stortplaatsbeheer weergegeven. Tenslotte wordt wat er concreet binnen deze studie zal worden uitgewerkt, besproken.

In de volgende hoofdstukken worden respectievelijk een aantal algemene gegevens uit de stortplaats-databank besproken (hoofdstuk 2 en vervolgens de uitwerking van de vijf deelopdrachten van deze studie (respectievelijk in hoofdstuk 3 tot en met 9) besproken. In hoofdstuk 10 tenslotte wordt een besluit en een lijst met openstaande acties weergegeven.

1.1 Historisch traject: de ontginning van stortplaatsen

De ontginning van stortplaatsen mag dan wel een nieuw of vernieuwend concept lijken waarvan de grootschalige toepassing pas in de komende decennia te verwachten valt, dit neemt niet weg dat de OVAM op dit vlak sinds haar oprichting in 1981 reeds belangrijke stappen heeft gezet. Een optimale ontginning wordt immers bepaald door de wijze waarop de stortplaats initieel wordt ingericht en naderhand gevuld.

De OVAM was tot 1991 ook de vergunningverlenende en toezichhoudende overheid op het vlak van afvalstoffenbeheer (zie Afvalstoffendecreet 2.7.1981 en wijziging door Decreet Bestuurlijk beleid 12.12.1990). Vanuit dit integrale bevoegdheidskader werd onder meer het concept van monostortplaatsen ingevoerd. Het opzet hiervan kan zonder meer als inleidende stap op Landfill Mining worden beschouwd. De creatie van dergelijke stortlichamen was immers gericht op een uniforme vulling waardoor een ontginning in een later stadium zou mogelijk blijven. Typische voorbeelden zijn de grootschalige stortlocaties met productiefval van gips, vliegashoudend goethiet.

Van de vermelde monostorten wordt thans de mogelijkheid van ontginning onderzocht of althans als onderzoeks-potentieel gedetecteerd. De bekendste voorbeelden van LFM situeren zich in de jaren '80 en '90 toen mijnbouwafval uit het Limburgse steenkoolgebied werd gevaloriseerd. Door de NV Ward werd de steenkoolterril van Zwartberg herwassen en de gerecupereerde steenkool werd aangeleverd aan elektriciteitscentrales. De Kempense Steenkoolmijnen en hun rechtsopvolger NV Mijnen valoriseerden de zogenaamde “schlamm”. Dit waren steenkoolhoudende slibs die in aparte bekkens waren opgeslagen. Beide voorbeelden gebeurden toen op een marktconforme wijze, maar de wijzigende economische omgevingsfactoren maakten een einde aan deze activiteiten.

Naast de monostortplaatsen werd eveneens een opdeling gemaakt in 3 stortplaatscategorieën: industrieel, huishoudelijk en inert afval. Deze aanpak maakt opnieuw een meer eenduidige ontginning mogelijk. Voor asbest werden in het begin van de jaren '90 bijzondere voorwaarden opgelegd zodat de verspreide aanwezigheid in een volledig stortlichaam niet langer een bezwarende factor is bij toekomstige ontginningen.

De toepassing van het concept LFM binnen de saneringsopdrachten van de OVAM wordt pas vanaf 2012 opgenomen binnen de visie-ontwikkeling rond (E)LFM. Dit neemt niet weg dat in het verleden al saneringsoperaties werden uitgevoerd waarbij de valorisatie van het stortmateriaal een belangrijk element was. Het eerste geval dateert uit 1993 en behelst de ontruiming van een zuurteerstort aan de Papiermolenstraat in Mariakerke. Het zuurteer werd op de locatie voorbehandeld en afgevoerd als grondstof (en brandstof) voor de cementindustrie. Van een marktconforme operatie kon hier niet gesproken worden. De grootte-orde van kostprijs bedroeg ongeveer 12.000 euro per afgevoerde lading (trucks met lading van 30 ton).

De meest grootschalige saneringsactie die onder de noemer van LFM kan geplaatst worden, gebeurde eind jaren '90 op de stortplaats Terra Cotta in Brecht. De OVAM investeerde ongeveer 40 miljoen euro in de ontgraving en selectieve scheiding van dit stortcomplex. De scheidings- en waterzuiveringstechnologie werd hiervoor specifiek ontwikkeld en op de locatie ingezet. In totaal werd nagenoeg 160.000 m³ afvalstoffen behandeld.

De voormelde voorbeelden tonen aan dat de ontginning van stortplaatsen tot op heden zelden gericht was op een optimale terugwinning van materialen en/of energie. De sturende factor was veelal de noodzaak tot maatregelen vanuit saneringsoogpunt en daarnaast de creatie van ruimte voor andere activiteiten. In de laatste gevallen was eveneens oog voor de recuperatie van grondstoffen en bestond de saneringsoperatie uit een verdichting van het afval op een kleiner oppervlak (dossier wachtbekken Henneaulaan-Zaventem, 1994) of de (gedeeltelijke) afvoer naar een andere vergunde stortplaats (dossier stort Middelburg, 1993).

1.2 Bredere kader aanpak stortplaatsen binnen concept “materiaalkringloop”

In het Pact 2020 en in Vlaanderen in Actie heeft Vlaanderen zich de ambitie gesteld om tegen 2020 belangrijke stappen te hebben gezet naar een “**kringloop-economie**” met een zo laag mogelijke grondstof-, energie-, water-, materiaal- en ruimtegebruik en een zo beperkt mogelijke impact op milieu en natuur in Vlaanderen en de rest van de wereld.

Het ombouwen van het Vlaamse afvalstoffenbeheer van de OVAM naar een Duurzaam Materialenbeheer vervult een centrale rol in deze ambitie. Via Duurzaam Materialenbeheer kijkt de OVAM over de grenzen van het klassieke afvalstoffenbeheer naar het beheer over de ganse materiaalkringloop. Hierbij hanteert de OVAM als visie dat alle afvalstoffen van vandaag (en uit het verleden) de grondstoffen moeten worden voor een groene kringloopeconomie.

Binnen deze vernieuwde beleidsvisie situeren zich de projecten rond Enhanced Landfill Mining (ELFM), waarbij OVAM het traditionele beleid inzake eindverwerking ombouwt tot een bouwsteen van de vernieuw(en)de economie. Dit project is dan ook een mooi voorbeeld over het vertalen van de ambities van Vlaanderen in Actie naar concrete stappen voorwaarts in de praktijk.

Door de jaren heen zijn grote hoeveelheden afval gestort. Gezien de evolutie in recyclage- en energetische valorisatietechnieken, en ook gezien de stijging (schaarste) van de grondstof/energieprijzen, zijn er kansen voor het valoriseren van het afval opgeslagen in stortplaatsen. ELFM is dan ook een concept dat past in het kader van een duurzaam materialenbeleid (uit: “Visienota Enhanced Landfill Mining”, OVAM, Luk Umans en Piet De Baere, november 2011).

1.3 Concept Enhanced Landfill Mining (ELFM) vanuit onderzoeksconsortium

De term ELFM wordt sinds 2008 in Vlaanderen voor de eerste keer in de huidige betekenis gebruikt binnen het Vlaamse ELFM-onderzoeksconsortium, dat o.a. bestaat uit academische experts, het bedrijf Group Machiels, de OVAM (Openbare Vlaamse Afvalstoffen Maatschappij), en vertegenwoordigers van de lokale omwonenden..

Enhanced Landfill Mining (ELFM) van historische (en toekomstige) stortplaatsen, een concept ontsproten uit het Closing the Circle project, is een essentiële oplossing om materiaalcringen te sluiten richting een circulaire materialen-economie. ELFM is gedefinieerd als het "veilig conditioneren, ontgraven en geïntegreerd valoriseren van (historisch en/of toekomstig) gestorte afvalstromen in zowel materialen als energie, door het gebruik van innovatieve transformatie technologieën, terwijl de meest strenge sociale en ecologische criteria gerespecteerd worden". (bron website: <http://www.elfm.eu/Default.aspx>)

Het potentieel aan materialen en energie, aanwezig in stortplaatsen, wordt door het toepassen van Enhanced Landfill Mining op een efficiënte manier gevaloriseerd, terwijl er daarnaast ook een aanzienlijke vermindering in uitstoot van broeikasgassen gerealiseerd wordt. Afvalstromen waarvoor door technische of economische redenen nog geen valorisatie mogelijk is, kunnen veilig gescheiden opgeslagen worden in een "Tijdelijke opslagplaats" tot de meest efficiënte technologie beschikbaar is.

Naast de mogelijke kansen die ELFM biedt voor mens en milieu, zijn er ook nog onzekerheden waarmee rekening dient gehouden te worden bij het toepassen van ELFM:

- Voor verschillende onderdelen van ELFM is de technologie op dit moment nog niet volledig uitgewerkt en beschikbaar. Hierdoor is de economische rendabiliteit van ELFM nog niet helemaal in te schatten;
- Economische rendabiliteit hangt daarnaast ook af o.a. van de prijsevolutie van energie, grondstoffen, ruimte, ... op de internationale markten;
- Het specifiek wettelijk kader voor ELFM ontbreekt momenteel nog;
- Gezien het opnieuw uitbaten van een stortplaats hinder (en dus weerstand) kan veroorzaken voor de omgeving, dient te worden afgetoetst of er een maatschappelijk draagvlak bestaat en hoe dit kan gecreëerd worden (bv. door extra baten en kansen voor de omgeving t.g.v. de ELFM te benadrukken en ontwikkelen).

Samengevat kan gesteld worden dat ELFM zeker kansen biedt om binnen een geïntegreerd geheel een duurzame (aanzet tot) oplossing te bieden voor een aantal actuele maatschappelijke uitdagingen zoals hergebruik van materialen of winning van energie, maar dat dient rekening gehouden te worden met een aantal beperkende randvoorwaarden (zoals beschikbare technologie en wetgevend kader).

1.4 Globale doelstellingen OVAM binnen het kader van Landfill Mining en stortplaatsbeheer

1.4.1 Doelstellingen

Voor de OVAM zijn de belangrijkste redenen om oude en/of bestaande stortplaatsen te ontginnen en/of beheersen de volgende (uit: "Visienota Enhanced Landfill Mining", OVAM, Luk Umans en Piet De Baere, november 2011):

1 Bestrijden van bodem- en grondwaterverontreiniging

Als gevolg van onoordeelkundig storten van afval in het verleden kunnen er bodem- of grondwaterverontreinigingen optreden (of opgetreden zijn) met hiermee gepaard gaande (potentiële) milieu- en gezondheidsrisico's. Vanuit saneringsoogpunt kan men dan maatregelen nemen om de effecten op de omgeving te beperken door isolatie- of beheersingstechnieken of ervoor te kiezen om de bron van de verontreiniging weg te halen. In dat laatste geval bestaat dan de mogelijkheid om het afval terug elders op te bergen ofwel om het materiaal (al dan niet voorbehandeld) terug in de materialenketen in te zetten. Deze optie dient nader onderzocht te worden rekening houdend met de wijzigende economische toestand en de visie rond materialenbeheer. De saneringsconcepten waren tot op heden meestal gebaseerd op isolatie en een evaluatie hiervan dringt zich op.

2 Infrastructuurwerken of herbestemming van het terrein

Hier is de "waarde" van het terrein de voornaamste drijfveer om een stortplaats te ontginnen. De aanwezigheid van afval hypothekeert immers sterk de toekomstige mogelijkheden van een terrein. De verwijdering van afval op dergelijke locaties verhoogt de vastgoedwaarde van dit terrein; in dergelijke gevallen zal men ook de keuze moeten maken of men het afval enkel alloceert naar een andere stortplaats of men (al dan niet na voorbehandeling) het terug in de materiaalketen wenst in te zetten.

3 Ontginnen van "nieuwe" grondstoffen

Vanuit de filosofie dat we in de (nabije) toekomst in Europa een tekort aan grondstoffen zullen hebben, is het aangewezen om alternatieve bronnen voor grondstoffen en materialen te onderzoeken. LFM kan een beperkte benadering zijn met als doel bepaalde grondstoffen te ontginnen (bijvoorbeeld verhoogde CH₄-productie). In dat verband dient ook benadrukt te worden dat drinkwater een belangrijke maar tevens kwetsbare grondstof is. Ook op dit vlak kan ELMF bijdragen tot een betere bescherming van onze drinkwatervoorraden in aquifers.

1.4.2 Termijnen

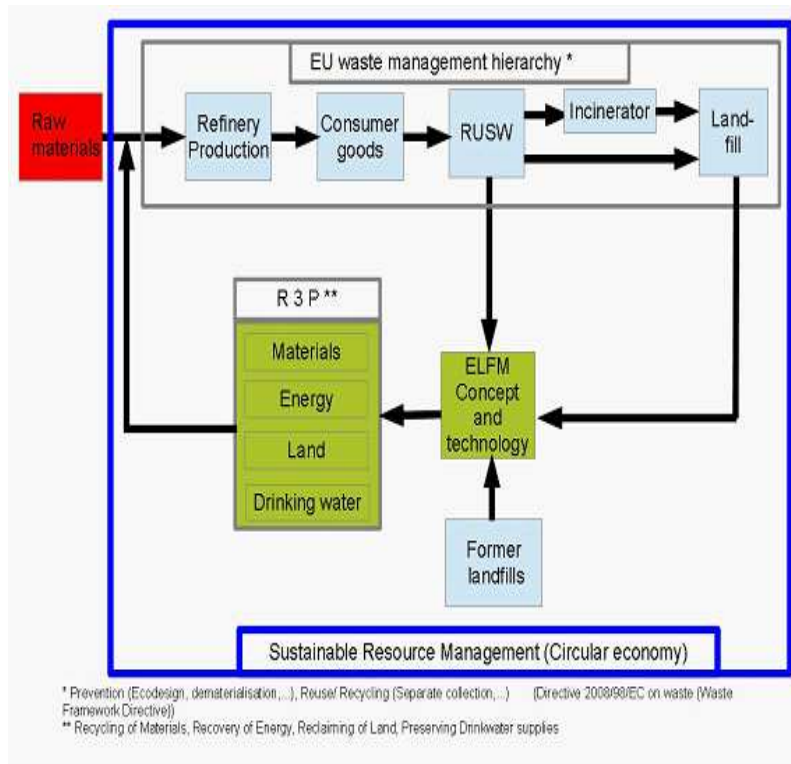
De globale doelstellingen van de OVAM inzake stortplaatsbeheer situeren zich binnen verschillende termijnen:

Voor de OVAM is op **korte termijn** het inventariseren van de mogelijkheden voor de stortplaatsen uit de LFM-databank¹ de eerste stap naar globaal stortplaatsbeheer. Er moet een concept uitgewerkt worden rond de toekomstige aanpak van deze stortplaatsen:

- Enerzijds naar beheer van risico's t.g.v. verontreiniging, uitgaande van de stortplaatsen.
- Anderzijds naar beheer van "reserves" voor "mining" naar de toekomst. Stortplaatsen kunnen gezien worden als voorraadkamers van morgen. "Wat we vandaag niet kunnen recupereren of recyclen, lukt misschien morgen wel".
- Ruimtegebruik (Waste to Land): Door de druk op het ruimtegebruik is de terugwinning van oude stortlocaties ook op korte termijn een valabele piste. De economische waarde van gronden zal in bepaalde omstandigheden in de nabije toekomst al de ontginning van een stort op marktconforme wijze mogelijk maken.
- Op **lange termijn** wil de OVAM een dynamisch stortplaatsbeheer uitwerken.
- Aandacht voor de mogelijkheden van voorraadbeheer van materialen in een "tijdelijke opslag" (temporary storage en resource management).
- Aandacht voor hergebruik en recycling van energie, materialen en grondstoffen.
- Alle storten in "inerte" toestand brengen (stabilisatie en beheer van risico's) met maximale recyclage / valorisatie van materialen en energiewinning, eerder dan focus op "isoleren en afdekken" (IBC).

¹ De LFM-databank, opgesteld en beheerd door de OVAM (1692 sites), bestaat uit data van alle gekende historische en nog in exploitatie zijnde stortplaatsen. Deze data zijn overgenomen uit de zogenaamde POT-fiches die per Vlaamse provincie tussen '92 en '95 geïnventariseerd werden.

In Figuur 1 wordt het concept van ELFM voorgesteld en gesitueerd binnen de problematiek van afvalstoffenbeheer en duurzaam materialenbeheer. De aanpak resulteert in de zogenaamde R3P-doelstelling: Recycling of Materials, Recovery of Energy, Reclaiming of Land, Preserving Drinkwater supplies.



Figuur 1: Concept ELFM binnen afvalstoffenbeheer en duurzaam materialenbeheer

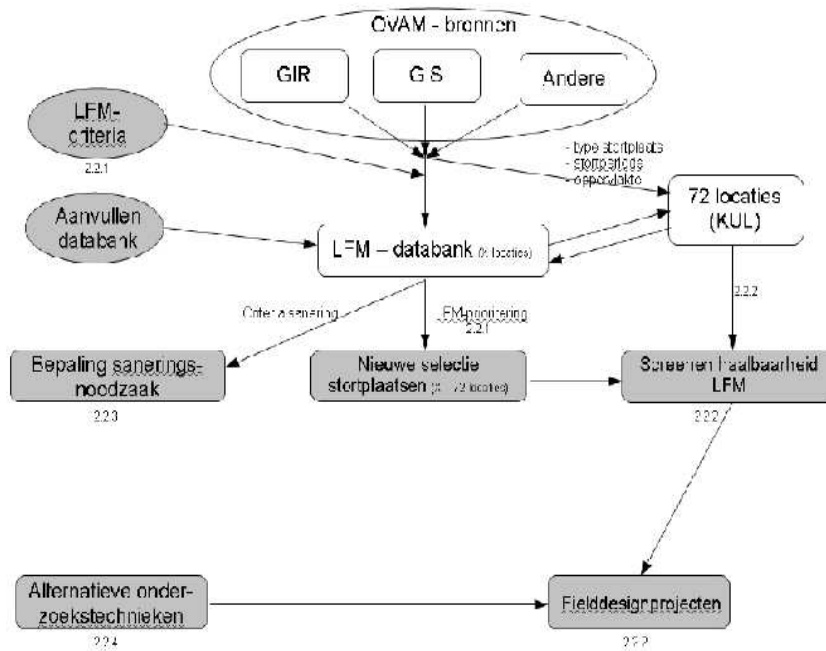
1.5 Concrete doelstellingen binnen studie “Raamcontract Landfill Mining”

De OVAM wil reeds aanvangen met het in kaart brengen van het potentieel voor ELFM op stortplaatsen in Vlaanderen (zie ook onderstaande figuur):

- Enerzijds door een **set criteria** die het **potentieel van ELFM** in kaart brengen op te stellen (deelopdracht 1 - in schema 2.2.1) en deze te **toetsen** aan de databank-gegevens betreffende stortplaatsen in Vlaanderen (deelopdracht 2 - in schema 2.2.2) zodanig dat een prioritering naar potentieel gebeurt. Desgevallend dient de **databank** van de OVAM verder te worden aangevuld en gedigitaliseerd.
- Anderzijds door een methodiek op te zetten die moet toelaten om de **saneringsnoodzaak** van de nog niet (volledig) onderzochte stortplaatsen te bepalen en te prioriteren (deelopdracht 3 – in schema 2.2.3).
- Verder zullen op enkele stortplaatsen “met potentieel voor ELFM” veldwerkzaamheden (**fielddesign-projecten**) uitgevoerd worden om de nodige “technische” informatie en voorwaarden om de economische rendabiliteit te berekenen en te verzamelen (deelopdracht 2 – in schema 2.2.2).

- Daarnaast zal op basis van een literatuurstudie een lijst met **alternatieve onderzoekstechnieken** voor stortplaatsen worden opgesteld (deelopdracht 4 – in schema 2.2.4).
- Tenslotte wordt de **rendabiliteit voor ELFM voor kleinere stortplaatsen** in beeld gebracht via het aftoetsen van een aantal mogelijke scenario's (deelopdracht 5 (optie)).

Op basis van de studie, die in dit rapport beschreven wordt, wil de OVAM voor de bestaande stortplaatsen in Vlaanderen een zicht krijgen op het mogelijke potentieel voor ELM en een tool bieden aan de eigenaars van stortplaatsen om het potentieel na te gaan.



Figuur 2: Globaal schema OVAM raamcontract “Landfill Mining”

Conform de opdracht “Raamcontract technische ondersteuning bij project Landfill Mining” wordt de opdracht opgesplitst in volgende deelopdrachten:

- 1 Uitwerken LFM-criteria en bepalen milieu-prioritering.
- 2 Inschatting potentieel van de 72 kandidaat sites en van de overige sites op basis van dossiers en veldwerk.
- 3 Screening van de saneringsnoodzaak.
- 4 Screening van (alternatieve) onderzoekstechnieken.
- 5 Overige activiteiten die tijdens de loop van het project noodzakelijk kunnen blijken:
 - a) vervolledigen databank en lijst stortplaatsen;
 - b) digitaliseren van de gegevens van stortplaatsen;
 - c) uitvoeren van aanvullend veldwerk ter plaatse van stortplaatsen;
 - d) rendabiliteitsonderzoek van de stortplaatsen;
 - e) screening van ‘stilgevallen’ dossiers;
 - f) overige, onvoorziene en in overleg met de OVAM nader te bepalen werkzaamheden.

Het merendeel van deze deelopdrachten wordt in dit rapport toegelicht. Een aantal opdracht dient nog uitgevoerd te worden in een tweede fase van deze studie.

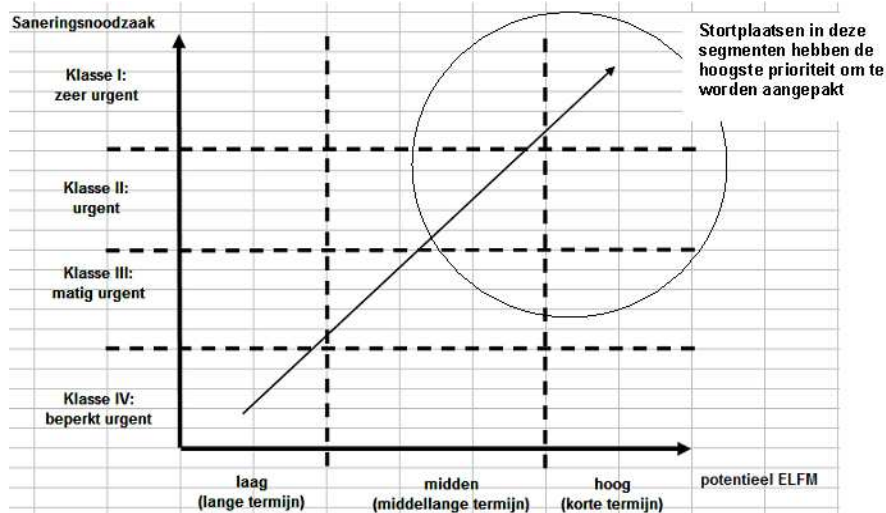
1.6 “Scoren op twee sporen”

Aangezien de potentieelbepaling voor Landfill Mining en de bepaling van de saneringsnoodzaak voor stortplaatsen twee verschillende doelstellingen inhouden, worden de methodieken voor het uitwerken van beide doelstellingen tijdens de studie losgekoppeld van elkaar.

Er zal met andere woorden

- 1 enerzijds a.d.h.v. specifieke criteria een rekentool voor de potentieelbepaling voor landfill mining opgesteld worden op basis waarvan een prioritering kan gebeuren;
- 2 op dezelfde manier wordt anderzijds a.d.h.v. andere criteria een rekentool ontwikkeld voor de bepaling en prioritering van de saneringsnoodzaak voor stortplaatsen.

Aangezien een duurzaam stortplaatsbeheer idealiter rekening houdt met beide hoger genoemde doelstellingen (en deze zelfs in de mate van het mogelijke probeert te combineren bij het beheer van stortplaatsen), wordt op basis van de resultaten van beide methodieken een matrix opgesteld waarin beide doelstellingen gecombineerd worden, zodat bij de selectie van aan te pakken stortplaatsen hier rekening mee kan gehouden worden. De interactiematrix wordt weergegeven in de onderstaande figuur.



Figuur 3: Interactiematrix potentieelbepaling LFM en saneringsnoodzaak

1.7 Overzicht verschillende ambities en doelstellingen stortplaatsbeheer

Hiërarchisch doelstellingen overzicht	
<p>Globale Ambitie: Uiteindelijk komen tot een 'Cradle to Cradle' design van productiesystemen (kringlooeconomie) waarbij er (vrijwel) geen afval meer bestaat en er een strikte scheiding is tussen de 'technosfeer' (man-made chemicals and materials) en de biosfeer (natuurlijke producten en natuurlijke hulpbronnen)</p>	
<p>Doelstelling OVAM: Duurzaam materialenbeheer: (a) de afvalstromen van het verleden en van vandaag zijn grondstoffen geworden d.m.v. goed ontworpen acties die een minimale impact hebben op mens en milieu, en (b) toekomstig afval is geminimaliseerd tot het uiterst noodzakelijke en wordt veilig en duurzaam beheerd. Herbestemming terrein: ruimte ingenomen door stortplaatsen wordt op een duurzame wijze gevaloriseerd. Bestrijden van bodem- en grondwaterverontreiniging.</p>	
<p>Doelstelling ELFM concept Consortium: Het veilig en milieuverantwoord conditioneren, ontgraven en geïntegreerd valoriseren van gestorte afvalstromen in zowel materialen als energie, waarbij ook economische voordelen worden gecreëerd doordat landgebruikswaarden omhoog gaan *</p>	
<p>Doelstelling dit project (Raamcontract Landfill Mining): Potentieelbepaling en eerste stappen naar Field Design voor duurzaam stortbeheer in Vlaanderen</p>	
<p>Spoor I: Potentieelbepaling en prioritering voor Landfill Mining: Valoriseren van materialen, energie, ruimte, voorraadbeheer van stortplaatsen</p>	<p>Spoor II: Bepaling en prioritering saneringsnoodzaak uitgaande van stortplaatsen: Minimaliseren van impact van verontreiniging t.g.v. stortplaatsen op mens en omgeving</p>
<p>Ontwerp van methodologie voor potentieelbepaling en prioritering</p>	<p>Ontwerp methodologie voor bepaling saneringsnoodzaak en prioritering</p>
<p>Toetsing aan LFM-database</p>	<p>Toetsing aan LFM-database</p>

Tabel 1: Hiërarchisch doelstellingenoverzicht

2 Databank stortplaatsen in Vlaanderen

De methodieken die worden ontwikkeld in deelopdracht 1 en 3 dienen te worden toegepast op de data voor stortplaatsen in Vlaanderen:

- Voor een eerste toetsing wordt gebruik gemaakt van de beperkte databank van 72 stortplaatsen die door de KUL uit de globale LFM-databank werden geselecteerd, verder de KUL-databank genoemd (zie 2.1);
- Voor de tweede toetsing worden de methodieken toegepast op de volledige LFM-databank met een totaal van 1618 stortplaatsen (zie 2.2).

De LFM-databank van de OVAM is ontstaan uit de data die werden overgenomen uit de POT-fiches. Deze fiches werden voor POT-sites (potentieel verontreinigde sites) tussen '92 en '95 opgesteld door de provincies, bv. door het PIH (Provinciaal Instituut voor Hygiëne).

2.1 Lijst 72 stortplaatsen selectie KUL

In een eerste toetsing van de methodieken van deelopdracht 1 en 3 werd vertrokken van een beperkte database met 72 stortplaatsen, de KUL-databank.

De 72 stortplaatsen werden geselecteerd door de KU Leuven in het kader van potentieelbepaling ELFM (Van Passel et al., 2012). De volgende selectiecriteria werden in het kader van deze studie angewend:

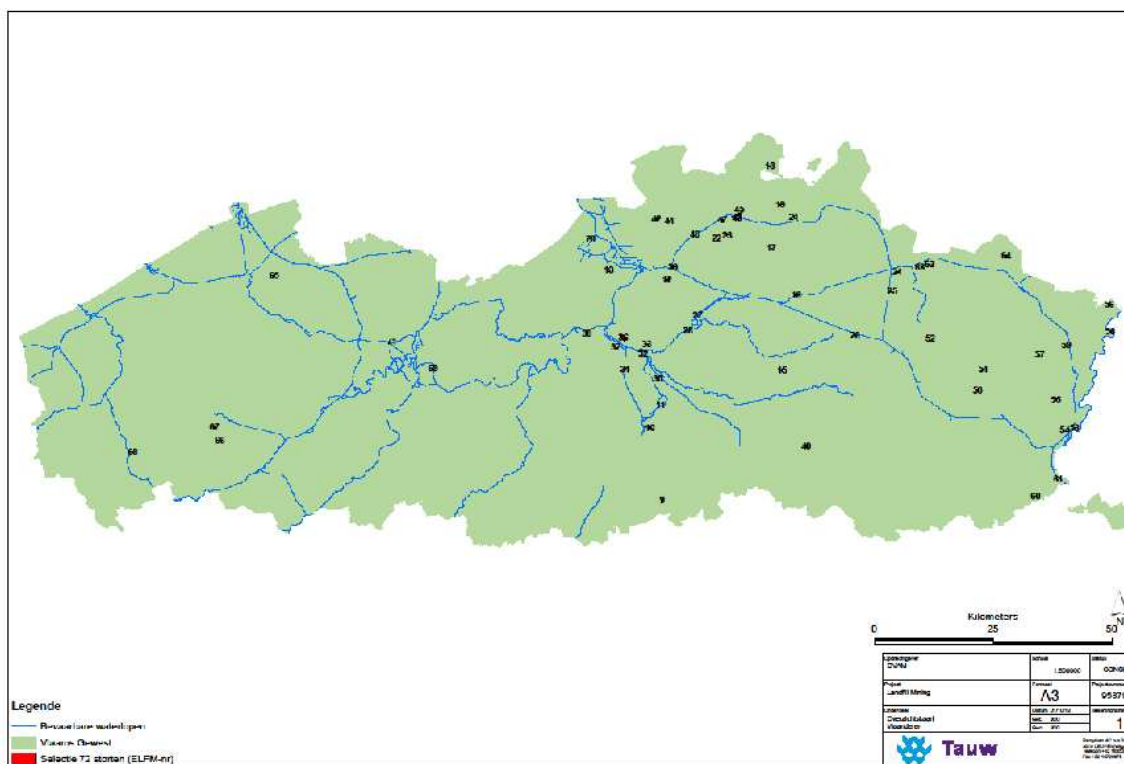
- Type van stortplaats: enkel de stortplaatsen met gemeentelijk huishoudelijk afval werden geselecteerd;
- De periode van exploitatie: stortplaatsen tussen 1950 en 1985 werden geselecteerd;
- Omvang van stortmateriaal: minimale omvang van stortmateriaal dient 100.000 m³ te omvatten.

In de database van deze lijst met 72 stortplaatsen ontbrak nog informatie om de methodieken die werden ontwikkeld in het kader van deelopdracht 1 en 3 te kunnen toetsen, zodat het nodig was deze database eerst aan te vullen.

De lijst (en bijhorende data) bestaat uit 72 stortplaatsen welke geografisch verspreid liggen over het Vlaamse gewest. De geografische spreiding is weergegeven in de volgende kaart.

Zoals op Figuur 4 zichtbaar is, zijn de meeste stortplaatsen gelegen in de provincies Antwerpen, Vlaams-Brabant en Limburg. Minder stortplaatsen zijn gelegen in de westelijke helft van Vlaanderen.

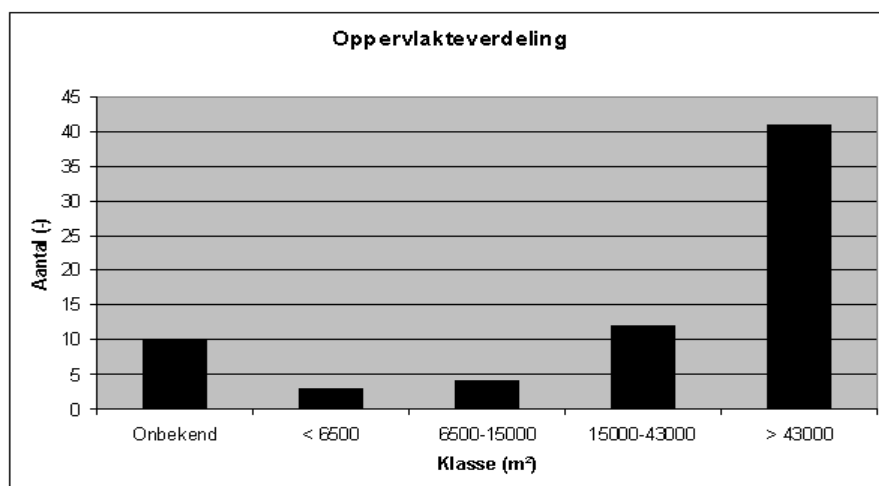
Vermoedelijk is dit te wijten aan het feit dat in deze regio de kwaliteit van de POT-fiches, van waaruit de data van de database opgezocht werden, minder goed is waardoor er bv. gegevens ontbreken en deze stortplaatsen niet geselecteerd werden.



Figuur 4: Geografische spreiding van de 72 stortplaatsen uit de selectie van de KUL

2.1.1 Oppervlakte stortplaatsen

De **oppervlakte** van de 72 stortplaatsen varieert tussen 16 are en 300 hectare. De oppervlakte is gebaseerd op de grootte van het betreffende kadastraal perceel/percelen, welke kan verschillen van de werkelijke oppervlakte van de effectieve stortzone. De oppervlakteverdeling is gevisualiseerd in onderstaande grafiek (Figuur 5).



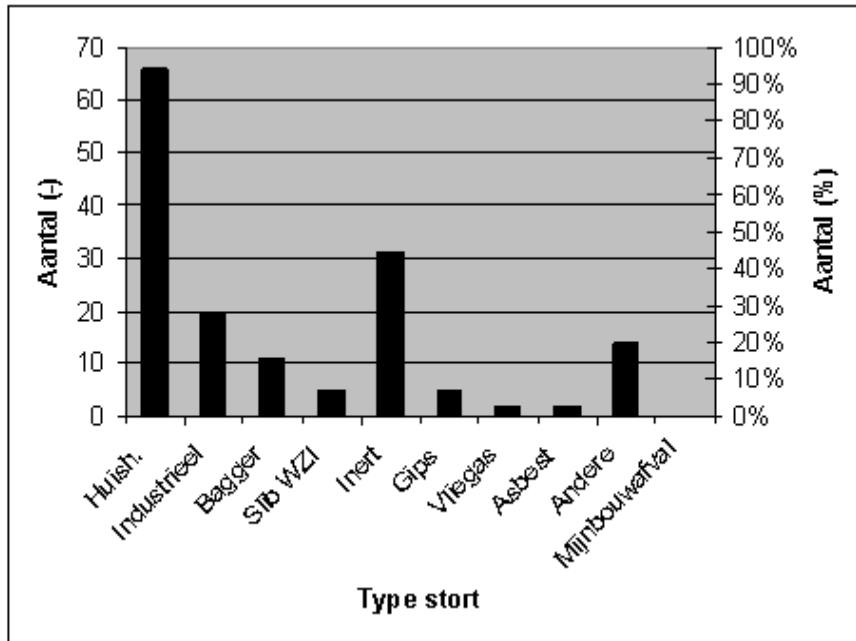
Figuur 5: Oppervlakteverdeling stortplaatsen

2.1.2 Type en inhoud van de stortplaatsen

De meeste stortplaatsen bevatten huishoudelijk (92%) en inert materiaal (44%), aangezien dit één van de selectiecriteria was.

Wat ook kan vastgesteld worden, is dat het in vele gevallen om gemengde storten gaat. Hierdoor is de som van de percentages voor het geheel meer dan 100%.

In de categorie “andere” zitten de stortplaatsen waarbij het type van stortmateriaal niet geweten is of waarbij het type stortmateriaal niet in de “standaard” klassen kan ingedeeld worden.



Figuur 6: Verdeling van aantal stortplaatsen per type

2.1.3 Ouderdom stortplaats

Het derde criterium voor de selectie van de lijst met 72 storten door de KUL, betreft de **periode van exploitatie** van de stortplaatsen.

Voor dit criterium kan vastgesteld worden dat de meeste stortplaatsen uit de database dateren uit de periode tussen 1950 en 1985. Dit is de periode waarin de door de veranderende industriële activiteiten en de veranderende consumptiepatronen in de maatschappij de grootste hoeveelheid aan niet-geselecteerd huishoudelijk afval werd gestort en dus het meest interessant is voor het concept landfill mining (Van Passel et al., 2012):

- Vóór 1950 bevatten de stortplaatsen meestal weinig afval van economische waarde (verbrandingsassen, ...);
- Na 1985 werd door de invoering van de Vlarem-wetgeving en het toenemend selectief inzamelen van afval de afvalverwerking t.h.v. stortplaatsen grondig gewijzigd (o.a. voorwaarden voor uitbating van stortplaatsen).

Van de stortplaatsen uit de database is ca. 65% afgedekt na stopzetting van de stortactiviteiten. Meestal gebeurde dit door teelaarde met daarbovenop beplanting, waardoor nu enkel braakgrond of weiland zichtbaar is.

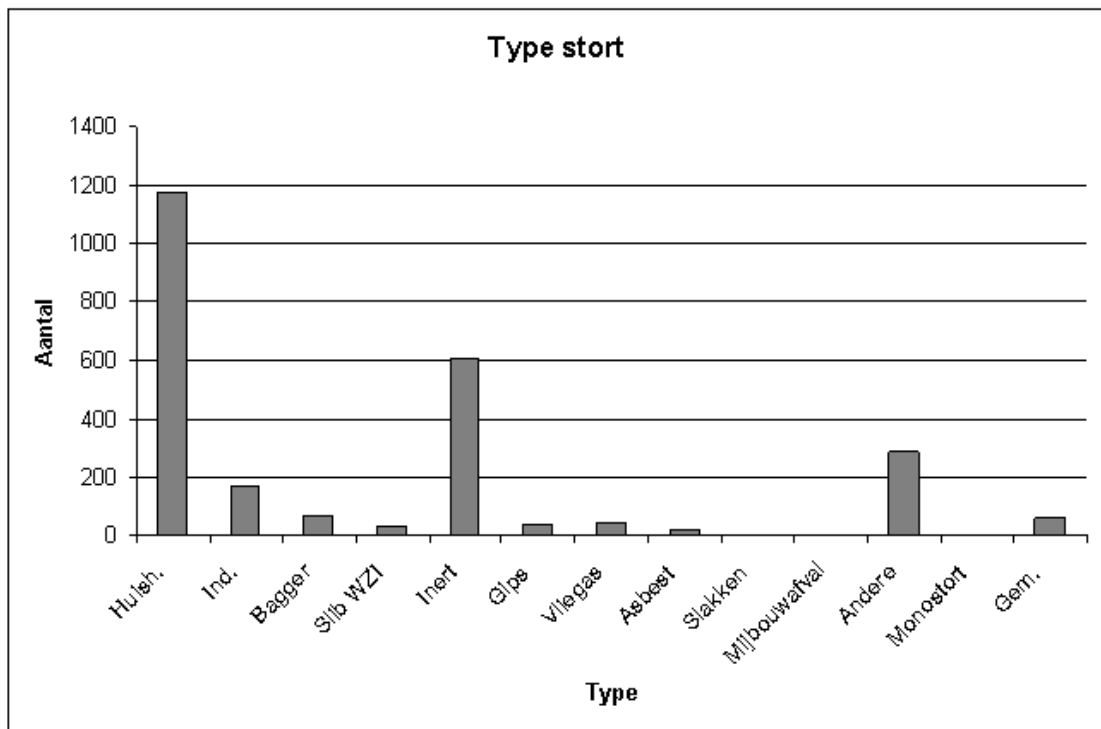
Veertien stortplaatsen uit de lijst zijn nog steeds in gebruik.

2.2 Lijst 1690 stortplaatsen LFM-databank

Een plan met aanduiding van de geografische ligging van de 1690 stortplaatsen is toegevoegd in bijlage 6.

Voor de opmaak van de uitgebreide LFM-databank stortplaatsen werden gegevens uit verschillende **bronnen** overgenomen:

- Gegevens over het stort zelf zoals type, grootte, afdekking en leeftijd werden uit **POT-fiches** gehaald welke aangeleverd werden door OVAM. Deze fiches bevatten de verzamelde gegevens van voorstudie en/of terreinbezoeken, uitgevoerd door OVAM. Van een aantal (historische) stortplaatsen zijn geen POT-fiches beschikbaar;
- Andere gegevens aangaande de karakterisering van de omgeving van het stort werden via **GIS-datalagen** in een GIS-systeem in kaart gebracht. Voorbeelden zijn inplanting op het gewestplan, grondwaterkwetsbaarheid, afstand tot weg, waterweg of spoorweg;
- Voor acht nog in werking zijnde stortplaatsen werden bestaande **bodemonderzoeken** opgevraagd en ingekeken om de nodige informatie op te halen.
- In totaal werden 1690 huidige of voormalige stortplaatsen opgenomen in de database. Van deze stortplaatsen bevatten 1175 stortplaatsen huishoudelijk afval, 170 industrieel afval en 603 inert afval, zoals bouwafval. De overige types van stortplaatsen kwamen maar in enkele tientallen gevallen voor.



Figuur 7: Verdeling van aantal stortplaatsen per type toont het aantal stortplaatsen per type

De meeste stortplaatsen zijn volgens het Gewestplan gelegen in landbouwgebied. In mindere mate komen stortplaatsen voor in woon-, industrie- of natuurgebieden. Een beperkt aantal stortplaatsen ligt in recreatiegebied. De verdeling van de andere stortplaatsen is weergegeven in Tabel 2.

Bestemmingstype	Aantal
Woonzone	281
Recreatiezone	47
Landbouwzone	775
Industriezone	128
Natuurgebied	314

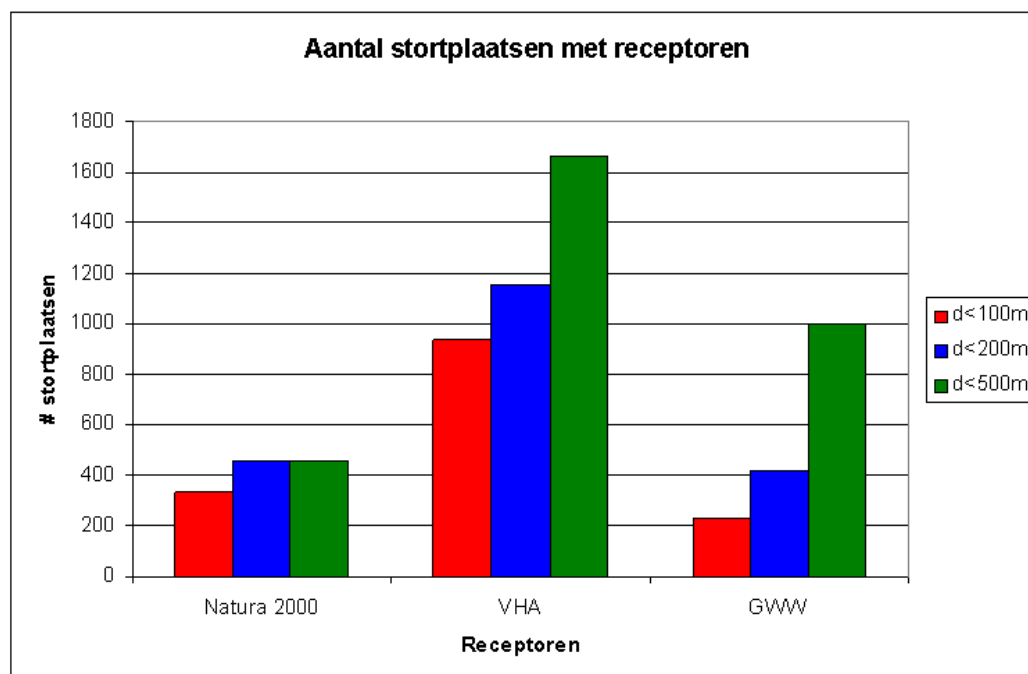
Tabel 2: Inplanting van de stortplaatsen volgens gewestplan

De meeste stortplaatsen liggen zeer dicht bij een openbare weg wat **ontsluiting** betreft. De gemiddelde afstand bedraagt 32 meter wat een grote bereikbaarheid met zich meebrengt. De gemiddelde afstand tot de dichtstbijzijnde spoorweg of bevaarbare waterloop bedraagt respectievelijk 3,3 kilometer en 3,8 kilometer.

Er werd eveneens nagegaan welke **receptoren** aanwezig zijn in de buurt van stortplaatsen. Zo werd gekeken hoeveel stortplaatsen dicht bij een Natura 2000 gebied, een waterloop uit de Vlaams Hydrologische Atlas (VHA) of een grondwaterwinning gelegen zijn.

De ligging van de stortplaats t.o.v. een bepaalde receptor werd in onderstaande figuur voor drie afstanden weergegeven: 100m, 200m en 500m.

Bijna 1000 stortplaatsen liggen op minder dan 100 meter van een beek/rivier. Meer dan 1600 stortplaatsen (98%) liggen binnen een afstand van 500 meter van een beek/rivier. Vele stortplaatsen (1000) zijn eveneens binnen een afstand van 500 meter van een grondwaterwinning gelegen. Ook het aantal Natura 2000 gebieden werd opgenomen in onderstaande Figuur 8, maar deze komen in mindere mate voor in de buurt van stortplaatsen.



Figuur 8: Aantal stortplaatsen welk binnen een bepaalde afstand (100m, 200m en 500m) gelegen zijn van receptoren

De database is momenteel nog niet volledig en dient nog aangevuld te worden op verschillende vlakken. Van 61 stortplaatsen was geen POT-fiche aanwezig en kon dus weinig informatie over opgezocht worden. Verder waren 20 stortplaatsen (12 POT-fiches en 8 bestaande stortplaatsen) niet opgenomen in de datalagen voor GIS waardoor hier eveneens geen berekeningen konden mee uitgevoerd worden. Voor een aantal stortplaatsen die momenteel nog in exploitatie zijn ontbreken eveneens nog een aantal data (bv. XY-gegevens).

3 Deelopdracht 1: Uitwerken LFM-criteria en bepalen milieu-prioritering

Deelopdracht 1 bestaat voornamelijk uit een theoretische oefening met volgende doelstellingen:

- overzicht van criteria die gebruikt kunnen worden om stortplaatsen in Vlaanderen te selecteren die in aanmerking kunnen komen voor Landfill Mining (**doelstelling 1**);
- ontwikkelen van een methodologie om de milieuprioriteit van de stortplaatsen te bepalen (**doelstelling 2**).

3.1 Inleiding

Dit hoofdstuk geeft de onderbouwing weer van de rekentool die ontwikkeld werd voor de bepaling van de milieuprioritering voor Landfill Mining (LFM). In bijlage 1 is deze rekentool opgenomen. Vanuit de vastgestelde set **criteria** is een methodologie ontwikkeld om de milieuprioritering van een bepaalde stortplaats te bepalen voor het uitvoeren van LFM. Deze set criteria wordt gekoppeld aan de verschillende **doelstellingen (in totaal 4)** waarbij het potentieel van een stortplaats bepaald kan worden.

3.1.1 Doelstellingen

Ter bepaling van het potentieel van LFM worden in totaal volgende vier doelstellingen voor ogen gehouden:

- Doelstelling 1: Waste to Energy - Energie (**WtE**);
- Doelstelling 2: Waste to Materials – Materialenbeheer (**WtM**);
- Doelstelling 3 Waste to Land – Ruimte (**WtL**);
- Doelstelling 4: Resource Management - Voorraadbeheer (Temporary Storage) (**RM**).

Hoewel LFM een nieuw concept is, zijn er voor doelstelling 1 en 2 (WtE en WtM) verschillende onderzoeken uitgevoerd. Deze onderzoeken zijn voornamelijk gebaseerd op de concepten van LCA, C2C en de ladder van Lansink. In tegenstelling tot doelstelling 1 en 2 (WtE en WtM) is nog weinig aandacht besteed aan doelstelling 3 en 4 (WtL en RM) vanuit het oogpunt van LFM.

Voor de verschillende doelstellingen zijn volgende definities gedefinieerd:

Waste to Energy (WtE): het winnen van energie in de vorm van elektriciteit of warmte uit stortgas dat ontstaan is door de afbraak van organisch materiaal of uit het stortmateriaal waarbij door verhitting het afval als brandstof wordt omgezet.

Waste to Land (WtL) het creëren van ruimte ter plaatse van de stortplaats en het geven van een nieuwe gebruiksfunctie aan de stortplaats.

Waste to Materiaal (WtM): het valoriseren van de afvalstromen die vrijkomen uit een stort en het hergebruiken van de afvalstromen als materialen.

Resource Management (RM) het tijdelijk opslaan van afval met het oog op een latere valorisatie en gebruik van deze afvalstoffen.

3.1.2 Overzicht criteria

Ter bepaling van het potentieel van LFM worden in totaal volgende zes criteria gehanteerd:

- Criterium 1: type;
- Criterium 2: ouderdom;
- Criterium 3: volume;
- Criterium 4: gebruik;
- Criterium 5: ontsluiting;
- Criterium 6: omgeving.

In hoofdstuk 3.1.3 “Matrix doelstellingen - criteria” worden de criteria beknopt beschreven waarbij wordt ingegaan op een algemeen overzicht, de interpretatie van het criterium en de bronnen voor de input van de data.

3.1.3 Matrix doelstellingen - criteria

Door de verschillende criteria te koppelen aan de doelstellingen, wordt per doelstelling een milieuprioritering van de stortplaatsen voor LFM verkregen.

In Tabel 3 wordt een overzicht gegeven van welke criteria worden meegenomen om per doelstelling de milieuprioritering te bepalen. Deze matrix is opgesteld op basis van expert judgement, ervaring uit de praktijk en in overleg met de OVAM. Uit deze matrix komt naar voor dat voornamelijk het type stortplaats (criterium 1) doorslaggevend is voor de verschillende doelstellingen. Vanaf hoofdstuk 3.2.1 tot en met 3.2.6 worden deze doelstellingen verder uitgewerkt, beginnend met een definitie en aansluitend de uitwerking van de criteria per doelstelling.

	type	ouderdom	volume	gebruik	ontsluiting	omgeving
WtE – energie	X	X	X	X	X	X
WtM – materialen	X	X	X	X	X	X
WtLand – ruimte	X	–	X	X	–	X
Resource Management – tijdelijke opslag	X	–	–	–	X	X

x : criterium wordt meegenomen om het potentieel te bepalen van een stortplaats voor de beoogde doelstelling.
– : criterium wordt niet meegenomen om het potentieel te bepalen van een stortplaats voor de beoogde doelstelling.

Tabel 3: Matrix relevantie criteria gekoppeld aan doelstelling

3.1.4 Resultaat

Op basis van de rekentool wordt voor elke beoordeelde stortplaats de milieuprioritering opgesteld en dit per te beogen doelstelling. Zodoende wordt voor alle beoordeelde stortplaatsen per doelstelling een rangschikking verkregen.

Opgemerkt dient te worden dat deze prioritering geen absoluut oordeel is over het potentieel van een stortplaats, maar enkel **relatief**, waarbij de stortplaatsen ten opzichte van elkaar worden vergeleken.

3.1.5 Leeswijzer

Na een korte uitleg over de verschillende criteria en de wegingsfactoren die worden gehanteerd voor het bepalen van de milieuprioritering voor Landfill Mining, worden in de volgende hoofdstukken de verschillende doelstellingen uitgewerkt waarbij een concrete invulling en onderbouwing wordt gegeven aan deze criteria. In hoofdstuk 3.8 wordt de technische uitleg gegeven over de rekentool. Tot slot wordt in Bijlage 3 een overzicht gegeven van de bronnen en referenties die gebruikt zijn voor deze studie.

3.2 Algemeen overzicht criteria en wegingsfactoren

In dit hoofdstuk wordt een korte toelichting en onderbouwing gegeven over de gehanteerde criteria en wegingsfactoren voor het bepalen van het potentieel voor LFM gebaseerd op de hierboven genoemde doelstellingen. Bij dit hoofdstuk is een koppeling voorzien met de rekentool zoals is opgenomen in Bijlage 4 van dit rapport. In hoofdstuk 3.8 is de rekentool, kort toegelicht waarbij deze criteria en wegingsfactoren worden gehanteerd. In de rekentool zelf is een handleiding uitgewerkt waarbij per tabblad en per stap een toelichting wordt gegeven.

3.2.1 Criterium 1: Type stortplaats

3.2.1.1 Algemeen

De stortplaatsen worden onderverdeeld in volgend type stortplaatsen:

- Huishoudelijk afval;
- Industrieel afval;
- Monostortplaatsen:
 - baggerstorten;
 - slib waterzuivering;
 - inert afval;
 - gips;
 - vliegassen;
 - asbest;
 - metaalslakken;
 - mijnbouw (hoogwaardige metalen);
- Gemengde stortplaatsen;
- Andere (niet-gedefinieerde stortplaatsen).

3.2.1.2 Bronnen voor input

De onderverdeling in type stortplaatsen is gebaseerd op de indeling van de OVAM database “elfm oude stortplaatsen_OVAM”. In de huidige “elfm oude stortplaatsen OVAM” zijn geen data opgenomen over monostortplaatsen voor mijnbouwafval en metaalslakken. Omdat deze monostorten zeker potentieel hebben voor LFM, wordt voorgesteld deze typen in de database op te nemen. Aansluitend komen in de database “elfm oude stortplaatsen_ovam” ook stortplaatsen voor die in verschillende categorieën vallen, bijvoorbeeld ‘huishoudelijk afval’ en ‘industrieel afval’. Hiervoor wordt een aparte categorie ‘gemengd’ opgenomen (zie ook tabblad ‘Moederdatabase’ rekentool).

Op basis van de OVAM database worden verschillende stortplaatsen in verschillende types ingedeeld (bv. een stortplaats X is zowel ingedeeld in huishoudelijk, industrieel en inert). Voor de prioritering is hierbij aangenomen dat elk type die voorkomt in een bepaalde stortplaats dezelfde verhouding met zich mee krijgt (bv voor stortplaats X: 1/3 huishoudelijk, 1/3 industrieel en 1/3 inert) (zie ook tabblad ‘Berekeningen 1’ rekentool). Deze verhouding kan gewijzigd worden na

een site-specifiek onderzoek. Hierbij bestaat de mogelijkheid om dit aan te passen in de rekentool.

Tot slot dient opgemerkt te worden dat radioactief afval niet is meegenomen, omdat radioactief afval door zijn eigenschappen geen potentieel heeft (nu en in de toekomst) voor LFM.

3.2.1.3 Onzekerheidsfactoren

Het criterium 'type' dient gekoppeld te worden aan de onzekerheidsfactoren '**uniformiteit / heterogeniteit**' en '**gelaagdheid**'. Echter is de gelaagdheid van een stortplaats gerelateerd met de uniformiteit. Zodoende wordt enkel de onzekerheidsfactor 'uniformiteit' meegenomen. In de OVAM database en de POT-fiches zijn er momenteel geen locatiespecifieke gegevens over de uniformiteit van de stortplaatsen opgenomen. Bijgevolg wordt voor de bepaling van de milieuprioritering een onzekerheidsfactor "uniformiteit" ingebouwd **per type stortplaats** zoals opgenomen in Tabel 4 De uniformiteit van een stortplaats wordt voornamelijk afgeleid op basis van de betrouwbaarheid van de historische data en heeft voornamelijk een impact op de typen stortplaatsen 'huishoudelijk afval, industrieel afval, gemengd afval en andere'. Voor monostortplaatsen kan er heterogeniteit zijn, maar voor de eenvoud worden deze stortplaatsen aanzien als homogeen qua samenstelling.

Indien meer informatie over een stortplaats bekend is, kunnen locatiespecifieke gegevens nadien bijkomend worden ingevoerd in de locatiespecifieke databank (zie tabblad 'Bijkomende input' van de rekentool). Indien in deze locatiespecifieke databank een waarde voor uniformiteit wordt ingegeven, dan zal deze waarde gebruikt worden in de berekeningen in plaats van de waarden zoals weergegeven in Tabel 4. In het tabblad 'Input' kan nagegaan worden welke data voor de berekeningen gebruikt worden.

Type stortplaats	Uniformiteit (%)	Motivatie uniformiteit
Huishoudelijk afval	50	Samenstelling onbekend, mits uitvoeren veldwerk
Industrieel afval	50	Samenstelling onbekend, mits uitvoeren veldwerk
Baggerstorten	100	Homogeen verondersteld
Slib waterzuivering	100	Homogeen verondersteld
Inert afval	100	Homogeen verondersteld
Gips	100	Homogeen verondersteld
Vliegassen	100	Homogeen verondersteld
Asbest	100	Homogeen verondersteld
Metaalslakken	100	Homogeen verondersteld
Mijnbouw (hoogwaardige metalen)	100	Homogeen verondersteld
Gemengd	25	Samenstelling onbekend, mits uitvoeren veldwerk
Andere	25	Samenstelling onbekend, mits uitvoeren veldwerk

Tabel 4: Overzicht uniformiteit per type stortplaats

De uniformiteit van de monostortplaatsen wordt hoog ingeschat, maar kan bij de verdere analyse van het dossier verfijnd worden in de locatiespecifieke databank. Zeker naarmate de effectieve ontginning wordt beoogd, is een detailopname noodzakelijk. De factoren "productieproces" en "opvullingswijze" spelen hierbij een cruciale rol. De wijzigingen in het productieproces geven immers aanleiding tot mogelijke concentratieverschillen, gewijzigde

mineralogische of fysisch-chemische eigenschappen en finaal andere afvalstromen. Bij de hydraulische aanvoer is eveneens een heterogeïteit mogelijk in functie van de ligging van de spuimonden.

De uniformiteit van een stortplaats wordt tot slot ook bepaald door de ouderdom. Zo kan er verwacht worden dat recentere stortplaatsen onderverdeeld zijn in 'uniforme' stortvakken. Oudere stortplaatsen zullen daarentegen sterk heterogeen zijn. Echter wordt er voor de rekentool en het bepalen van de milieuprioritering geen koppeling gemaakt tussen de ouderdom en type stortplaats. Op basis van de beschikbare data (o.a. wordt dit niet opgenomen in de POT-fiches) kan dit niet berekend worden en ontstaat hierdoor een te grote onzekerheidsfactor.

3.2.2 Criterium 2: Ouderdom stortplaats

3.2.2.1 Algemeen

Wanneer het criterium 'ouderdom' wordt meegenomen in de potentieelbepaling is dit criterium afhankelijk van het type stortplaats (criteria 1). Ook de impact van dit criterium op de milieuprioritering zal verschillen per type stortplaats. Zo zal kennis inzake de ouderdom voor een huishoudelijk stort meer doorslaggevend zijn voor de milieuprioritering dan voor een bepaalde monostortplaats.

In grote lijnen zijn voor het criterium "ouderdom" volgende uitgangspunten gehanteerd:

- als ondergrens is in eerste instantie per type stortplaats op basis van de database "elfm oude stortplaatsen OVAM" de oudste stortplaats gekozen;
- voormalige stortplaatsen waar het storten niet viel onder de VLAREM-vergunning (vóór 1985);
- stortplaatsen waar het storten onder de VLAREM-vergunning valt (na 1985).

3.2.2.2 Bronnen voor input

De OVAM database "elfm oude stortplaatsen_OVAM" geeft de ouderdom van de stortplaats weer. Echter zijn er in deze database vaak lege vakken met betrekking tot de ouderdom of is de ouderdom niet gekend (aangeduid met '?'). Een vertaling vanuit de POT-fiches geeft een duidelijker beeld weer van de ouderdom (zie ook tabblad 'Moederdatabase' rekentool).

Ten behoeve van de rekentool en de berekeningen om tot een milieuprioritering te komen voor LFM wordt gerekend met het oudste jaartal dat aangegeven is.

3.2.3 Criterium 3: Volume stortplaats

3.2.3.1 Algemeen

De bepaling van het potentieel voor LFM in relatie tot het volume, hangt sterk af van hoeveel investeringen er uiteindelijk nodig zijn voor het opzetten van een LFM werk. Bij kleine investeringen zal het volume niet echt belangrijk zijn. Generiek geldt dat hoe groter het volume is, hoe interessanter het wordt om LFM uit te voeren. De initiële investeringen kunnen zodoende beter uitgesmeerd worden met een lagere unit rate per m³ afval.

Aansluitend is het volume voor alle vier de doelstellingen afhankelijk van het type stort (zie criterium 1) en de economische waarde van de verschillende afvalstromen op het moment dat aan LFM gedaan wordt. Zo kan een klein volume (bv. < 100.000 m³) aan hoogwaardige metaalslakken een hoger potentieel hebben met betrekking tot LFM (Doelstelling 2: Waste to Material) dan een groter volume (bv. > 1 mln m³) aan baggerspecie. Op basis van de beschikbare data zijn voor Vlaanderen grootte-orde gekozen variërend van grootte-orde 100.000 (klein) naar grootte-orde 1 miljoen m³ en groter (groot). Een volume groter dan

100.000 m³ en kleiner dan 1 miljoen m³ wordt als middelgroot beschouwd (zie ook tabblad 'LFMinst' rekentool).

3.2.3.2 Bronnen voor input

In de POT-fiches worden de **oppervlakten** van de stortplaatsen weergegeven. Deze data worden verder onderbouwd door het gebruik van de GIS-data. Hierbij wordt aangenomen dat de oppervlakte de totale oppervlakte is van het perceel (of meerdere percelen) waarop de stortplaats zich bevindt. Zodoende brengt dit een onzekerheid met zich mee, waarbij in sommige gevallen een overschatting van de oppervlakte plaatsvindt.

Om de uiteindelijke volumes te berekenen, worden deze oppervlakten gekoppeld aan de **hoogte**. Voor de hoogtegegevens wordt beroep gedaan op de POT-fiches. Hierin staan bij sommige stortplaatsen de hoogtes aangegeven. Waar de hoogte niet is opgenomen wordt in de betreffende cellen een '0' ingevuld en worden volgende aannamen gedaan (zie ook tabblad 'Moederdatabase' rekentool):

- voor kleiputten en groeven: arbitraire hoogte van 7 m;
- voor de overige stortplaatsen (natuurlijk reliëf): arbitraire hoogte van 3 m.

Deze aannames zijn uitgevoerd op basis van expert judgement en ervaring van in de praktijk.

3.2.4 Gebruik stortplaats

3.2.4.1 Algemeen

Het criterium 'gebruik' wordt door verschillende kenmerken van de stortplaats bepaald die een invloed hebben op de milieuprioritering voor LFM. Hierbij wordt gekeken naar volgende kenmerken:

- huidige gebruiksfunctie conform het gewestplan, ruimtelijke uitvoeringsplannen RUP's en GRUP's;
- aanwezigheid bebouwing.

Gebruiksfunctie

Voor de gebruiksfunctie is dezelfde algemene codering gehanteerd zoals op het gewestplan (codering 0100 tot en met 1700). Gezien het belang van reservegebieden of potentiële uitbreidingsgebieden (code xx80) voor LFM zijn deze gebieden ook separaat meegenomen in de milieuprioritering (zie ook tabblad 'Moederdatabase' rekentool).

Ook wordt rekening gehouden met de intermediaire en toekomstige gebruiksfunctie. Indien hierover nog geen data bekend zijn, worden deze functies gelijk gesteld aan de huidige gebruiksfunctie.

Tot slot wordt voor een bepaalde gewestplan ook het bijhorende bestemmingstype I, II, III, IV of V uit het VLAREBO weergegeven.

Aanwezigheid bebouwing

Een ander aspect voor het ruimtelijk gebruik is of de locatie reeds bebouwd is of niet, dit kan door woningen zijn of door industrie.

De aanwezigheid van reeds bestaande bebouwing op een stortplaats is niet gunstig voor herontwikkeling, maar wil daarom niet zeggen dat dit een limiterende factor is. Indien we ervan uitgaan dat de bebouwing kort na de realisatie van de stortplaats is uitgevoerd, kan deze

bebouwing om modernisering vragen. De herontwikkeling van deze stortplaatsen tot hoogwaardige openbare ruimte of bebouwing is goed mogelijk.

Opgemerkt dient te worden dat de kans dat een hele woonwijk tegelijkertijd gerenoveerd zal worden redelijk klein is. Aan de andere kant is een oude industriële site waar een projectontwikkelaar plannen heeft wel interessant.

3.2.4.2 Bronnen voor input

Gebruiksfunctie

Voor de huidige gebruiksfunctie wordt het gewestplan met bijhorende codering gehanteerd. Dit is reeds verwerkt in de OVAM database "elfm oude stortplaatsen_OVAM". Voor de intermediaire en toekomstige gebruiksfunctie is dit moeilijker in te vullen. Hiervoor zullen bestemmingsplannen bij de gemeente of stad opgevraagd moeten worden of zullen de gemeenten of steden aangeschreven moeten worden om deze data in de locatiespecifieke databank in te vullen.

Aanwezigheid bebouwing

De aanwezigheid van de bebouwing komt niet terug in de OVAM database "elfm oude stortplaatsen_OVAM". Wel kan een input geleverd worden vanuit de POT-fiches, vanuit Google-Earth en vanuit de OVAM GIS-laag waar de bebouwing is aangeduid. Opgemerkt dient te worden dat dit een variabel gegeven is, zeker als in de toekomst wordt gekeken naar bijvoorbeeld het jaar 2100.

3.2.5 Criterium 5: Ontsluiting stortplaats

3.2.5.1 Algemeen

De ontsluiting van een stortplaats wordt bepaald door de volgende drie kenmerken:

- ontsluiting via openbare weg;
- ontsluiting via het spoor;
- ontsluiting via waterwegen.

Openbare weg

Voor de ontsluiting van een stortplaats via de openbare weg, dient deze openbare weg berijdbaar te zijn. Op basis van de beschikbare data (GIS) blijkt dat sommige stortplaatsen weinig tot niet toegankelijk zijn, waarbij andere stortplaatsen gemakkelijk toegankelijk zijn. Indien een stortplaats niet toegankelijk is (bv. in bebost gebied of afgelegen natuurgebied) kan het eventueel interessant zijn om een investering te doen naar het aanleggen van een nieuwe weg. Bij de milieuprioritering is met dit laatste geen rekening gehouden.

Op basis van de GIS-data blijkt dat de range voor de ontsluiting via een openbare weg ligt van 0 m (stortplaats ligt aan een openbare weg) tot enkele honderden meters. Het verband tussen de afstand van een stortplaats tot een berijdbare openbare weg en de wegingsfactor die hieraan toegekend wordt bij de bepaling van de milieuprioritering, kan weergegeven worden aan de hand van een natuurlijk logartimische functie (zie ook tabblad 'LFMinst' rekentool).

Spoor

Voor de ontsluiting van een stortplaats via het spoor, is voor de eenvoud geopteerd om via GIS de afstand te berekenen tot aan een spoor, dus niet specifiek aan een station voor

personenverkeer of een station voor goederenverkeer. Momenteel wordt nagegaan of de afstand tot stations afgeleid kan worden op basis van informatie van de NMBS.

Op basis van de GIS-data blijkt dat de range voor de ontsluiting via het spoor ligt van minder dan 50 m (stortplaats ligt nabij een spoor) tot meer dan 20 km. Het verband tussen de afstand van een stortplaats tot de dichtstbijzijnde spoorweg en de wegingsfactor die hieraan toegekend wordt bij de bepaling van de milieuprioritering kan weergegeven worden aan de hand van verschillende functies (zie ook tabblad 'LFMinst' rekentool).

Waterwegen

Voor de ontsluiting van een stortplaats via een waterweg, is geopteerd om via GIS de afstand te berekenen tot aan een bevaarbare waterloop, waarbij bevaarbaar wordt gedefinieerd als bevaarbaar voor scheepsverkeer.

Op basis van de GIS-data blijkt dat de range van de afstand voor de ontsluiting via een waterweg zich bevindt tussen 0 m (stortplaats ligt aan een waterweg) tot enkele honderden meters. Het verband tussen de afstand van een stortplaats tot de dichtstbijzijnde bevaarbare waterweg en de wegingsfactor die hieraan toegekend wordt bij de bepaling van de milieuprioritering kan weergegeven worden aan de hand van verschillende functies (zie ook tabblad 'LFMinst' rekentool).

3.2.5.2 Bronnen voor input

Zowel voor de ontsluiting via openbare weg, het spoor of waterwegen wordt de input van de data verkregen via de beschikbare GIS-files. Deze GIS-data zijn vertaald naar het tabblad 'Moederdatabase' in de rekentool.

3.2.6 Criterium 6: Omgeving stortplaats

3.2.6.1 Algemeen

Bij het criterium 'omgeving' wordt voornamelijk gekeken of een andere stortplaats in de nabijheid ligt van de te evalueren stortplaats met als doel stortplaatsen te clusteren. Hierbij is ervoor gekozen om **dezelfde types** stortplaatsen met elkaar te linken. Zodoende kan aan voorraadbeheer gedaan worden.

Voor stortplaatsen in de nabijheid van een specifieke stortplaats, wordt via GIS de afstand berekend. Momenteel wordt deze GIS-datalaag opgemaakt door OVAM. Op basis van de reeds ontvangen GIS-data blijkt dat de range van de afstand ligt van minder dan 50 m (stortplaats ligt nabij een andere stortplaats van hetzelfde type) tot meer dan 10 km.

3.2.6.2 Bronnen voor input

Om een specifieke stortplaats te linken met stortplaatsen in de omgeving wordt de input van de data bekomen via de reeds beschikbare GIS-files. Deze GIS-data zijn vertaald naar het tabblad 'Moederdatabase' rekentool. Momenteel wordt door OVAM een GIS-datalaag opgemaakt met de ligging van alle stortplaatsen.

3.3 Wegingsfactoren

Uitgaande van de voornoemde gehanteerde criteria en de doelstellingen, worden voor het bepalen van het potentieel voor LFM en het bekomen van de milieuprioritering van de stortplaatsen twee types gewichten gehanteerd:

- gewicht per criterium voor het bepalen van het potentieel;

- gewicht op basis van de kenmerken van de te evalueren stortplaats.

De rekentool is zo opgebouwd dat de wegingsfactoren ten allen tijde aangepast kunnen worden zodat dit actueel blijft. Daarom is het van belang dat bij verandering van de economische situatie, de stand van zaken rond bestaande technologieën, etc. de wegingsfactoren kunnen worden aangepast.

3.3.1 Gewicht per criterium voor het bepalen van het potentieel

Zoals in Tabel 3-1 opgenomen, bepalen verschillende criteria de beoogde doelstelling. Echter is het zo dat een bepaald criterium meer doorslaggevend is voor de beoogde doelstelling dan een ander criterium. Zo zal voor doelstelling WtE het criterium 'type stortplaats' belangrijker zijn (factor 3) dan de ouderdom van de stortplaats (factor 2).

Voor de **huidige situatie** is in Tabel 5 een overzicht weergegeven van deze gewichten. De maximumwaarde van het gewicht wordt gelijk gesteld aan het aantal criteria die zijn gehanteerd voor de specifieke doelstelling. De gewichten in de rekentool zijn gekozen op basis van de informatie die is beschreven in hoofdstuk 3.4 tot en met 3.7, expert judgement en in overleg met de OVAM.

Voor de uitwerking van de gewichten wordt verwezen naar het tabblad 'LFMinst' van de rekentool.

	type	ouderdom	volume	gebruik	ontsluiting	omgeving
WtE – energie	3	3	2	1	1	1
WtM – materialen	4	2	3	1	1	2
WtLand – ruimte	3	–	3	3	–	1
Resource Management – tijdelijke opslag	3	–	–	–	1	3

1, 2, 3, 4 : criterium wordt met een bepaald gewicht meegenomen om het potentieel te bepalen van een stortplaats voor de beoogde doelstelling.
 - : criterium wordt niet meegenomen om het potentieel te bepalen van een stortplaats voor de beoogde doelstelling.

Tabel 5: Matrix relevantie criteria gekoppeld aan doelstellingen

3.3.2 Gewichten op basis van de kenmerken van de te evalueren stortplaats

Ten behoeve van de milieuprioritering van een bepaalde stortplaats, wordt voor elk kenmerk van de stortplaats een gewicht toegekend in percentages. De gewichten in de rekentool zijn gekozen op basis van de informatie die is beschreven in hoofdstuk 3.4 tot en met 3.7.

Voor volgende criteria zijn gewichten gekoppeld op basis van de kenmerken van de te evalueren stortplaats:

- type stortplaats;
- ouderdom;
- volume;
- gebruik;
- ontsluiting;
- omgeving.

3.3.2.1 Gewicht van type stortplaats afhankelijk van doelstelling

Afhankelijk van de beoogde doelstelling wordt een ander gewicht gegeven aan het type stortplaats. Zo zal bijvoorbeeld een gipsstort voor een doelstelling WtE laag scoren, terwijl hetzelfde gipsstort wel potentieel heeft voor hergebruik van materiaal (doelstelling WtM). In Tabel 6 is een overzicht gegeven van de gehanteerde gewichten voor een type stortplaats per beoogde doelstelling.

Type stortplaats	WtE	WtM	WtLand	RM
Huishoudelijk afval	100%	100%	100%	100%
Industrieel afval	100%	100%	100%	100%
Mijnbouw (hoogwaardige metalen)	25%	100%	100%	100%
Slib waterzuivering	25%	100%	100%	100%
Metaalslakken	0%	100%	100%	100%
Gips	0%	100%	100%	100%
Vliegassen	25%	100%	100%	100%
Baggerstorten	25%	100%	100%	100%
Inert afval	100%	100%	100%	100%
Asbest	0%	25%	25%	25%
Gemengd	100%	100%	100%	100%
Andere	50%	50%	100%	100%

Tabel 6: Overzicht gewicht type stortplaats per doelstelling

3.3.2.2 Gewicht ouderdom per type stortplaats

Het criterium ouderdom is sterk afhankelijk van het type stortplaats.

- Huishoudelijke, industriële, gemengde en andere stortplaatsen ingericht **vóór 1950** worden beperkt weerhouden voor LFM gezien de relatief lage economische waarde voor LFM en gezien de lage te verwachten energie-recuperatie bij oude stortplaatsen. Bijgevolg wordt hier een gewicht van 25% aan toegekend. Voor de ondergrens is per type stortplaats nagegaan wat de oudste stortplaats is, opgenomen in de POT-fiches;
- In het algemeen geldt dat stortplaatsen die ingericht zijn **vóór 1985** een relatief hoge economische waarde hebben voor LFM, waardoor alle typen stortplaatsen voor deze ouderdom een gewicht van 100% toegekend krijgen.
- Stortplaatsen ingericht **na 1985** worden beperkter weerhouden (gewicht van 75%) voor LFM. Enkel voor baggerstortplaatsen en stortplaatsen met inert afval is het potentieel voor LFM van een stortplaats ingericht na 1985 gelijk aan het potentieel van een stortplaats ingericht voor 1985 (beide 100%). Dit komt omdat vanaf 1985 in Vlaanderen onder de bevoegdheid van de OVAM de afvalstoffenregelgeving in gebruik kwam.

Opgemerkt dient te worden dat de gekozen gewichten geen absolute gewichten zijn, maar relatieve gewichten om de type stortplaatsen ten opzichte van elkaar af te wegen.

In Tabel 7 worden de verschillende gewichten en onder- en bovengrenzen per type stortplaats weergegeven.

Type stortplaats	Ouderdom		Gewicht
	ondergrens (1)	bovengrens	
Huishoudelijk afval	1930	1950	25%
	1950	1985	100%
	1985	2100	75%
Industrieel afval	1910	1950	25%
	1950	1985	100%
	1985	2100	75%
Mijnbouw (hoogwaardige metalen)	1930	1985	100%
	1985	2100	75%
Slib waterzuivering	1950	1985	100%
	1985	2100	75%
Metaalslakken	1930	1985	100%
	1985	2100	75%
Gips	1950	1985	100%
	1985	2100	75%
Vliegassen	1950	1985	100%
	1985	2100	75%
Baggerstorten	1940	1985	100%
	1985	2100	100%
Inert afval	1950	1985	100%
	1985	2100	100%
Asbest	1930	1985	100%
	1985	2100	75%
Gemengd	1930	1950	25%
	1950	1985	100%
	1985	2100	75%
Andere	1900	1950	25%
	1950	1985	100%
	1985	2100	75%

Tabel 7: Overzicht ouderdom en toegekend gewicht per type stortplaats

1 Voor de ondergrens is per type stortplaats nagegaan wat de oudste stortplaats is opgenomen in de POT-fiches en de database van de OVAM.

3.3.2.3 Gewicht per type stortplaats

In het algemeen geldt dat hoe groter het stortvolume van een bepaald type stortplaats, hoe interessanter deze stortplaats wordt om LFM uit te voeren. Aan huishoudelijke, industriële, gemengde en andere stortplaatsen met een stortvolume van meer dan 500.000 m³ wordt een gewicht van 100% toegekend. Aan stortvolumes lager dan 500.000 m³ en lager dan 100.000 m³ worden voor deze typen stortplaatsen respectievelijk de gewichten 75% en 25% toegekend. Ondanks een klein stortvolume, blijven deze typen stortplaatsen (beperkt) interessant voor de toepassing van LFM.

Het potentieel voor LFM voor een stortplaats met metaalslakken zal lineair stijgen met het stortvolume van minder dan 100.000 m³ (0%) tot meer dan 1.000.000 m³ (100%), zoals weergegeven in Tabel 3-6. De overige typen stortplaatsen krijgen een gewicht van 100% toegekend indien het stortvolume groter is dan 100.000 m³, en worden niet meegenomen in de berekening voor potentieelbepaling (gewicht 0%) indien het stortvolume kleiner is dan 100.000 m³. De investeringen voor de toepassing van LFM zullen bij een stortvolume kleiner dan 100.000 m³ voor deze typen stortplaatsen niet rendabel genoeg zijn.

De volumes zijn gekozen op basis van het artikel "Exploring the socio-economics of Enhanced Landfill Mining"(Van Passel et al. , 2010) en de grootte-orde van volumes aanwezig in de database van de OVAM. Opgemerkt dient te worden dat de gekozen gewichten geen absolute gewichten zijn, maar relatieve gewichten om de type stortplaatsen ten opzichte van elkaar af te wegen.

Type stortplaats	Begrenzing volume (m ³)		Gewicht
	ondergrens (1)	bovengrens	
Huishoudelijk afval	–	100.000	25%
	100.000	500.000	75%
	500.000	–	100%
Industrieel afval	–	100.000	25%
	100.000	500.000	75%
	500.000	–	100%
Mijnbouw (hoogwaardige metalen)	–	100.000	0%
	100.000	–	100%
Slib waterzuivering	–	100.000	0%
	100.000	–	100%
Metaalslakken	0	100.000	0%
	100.000	200.000	10%
	200.000	300.000	20%
	300.000	400.000	30%
	400.000	500.000	40%
	500.000	600.000	50%
	600.000	700.000	60%
	700.000	800.000	70%
	800.000	900.000	80%
	900.000	1.000.000	90%
	1.000.000	–	100%
Gips	–	100.000	0%
	100.000	–	100%
Vliegassen	–	100.000	0%
	100.000	–	100%
Asbest	–	100.000	0%
	100.000	–	100%

Gemengd	–	100.000	25%
	100.000	500.000	75%
	500.000	–	100%
Andere	–	100.000	25%
	100.000	500.000	75%
	500.000	–	100%

Tabel 8: Overzicht volume en toegekend gewicht per type stortplaats

3.3.2.4 Gewicht gebruik

De aanwezigheid van bebouwing ter hoogte van een stortplaats is niet gunstig voor de toepassing van LFM, maar is geen limiterende factor. Bijgevolg wordt een gewicht van 50% toegekend indien er bebouwing aanwezig is ter hoogte van de stortplaats. Indien de stortplaats onbebouwd is, wordt een gewicht van 100% toegekend.

Naast bebouwing moet bij de berekening van potentieelbepaling voor LFM ook de huidige functie en nabestemming ter hoogte van de stortplaatsen in rekening worden gebracht. Herontwikkeling van stortplaatsen in bufferzones, groengebieden, bosgebieden, agrarische gebieden, ontginningsgebieden, storten, landelijke gebieden en uitbreidingsgebieden heeft een hoge prioriteit en krijgt daarom een gewichtsfactor 100% toegekend. Recreatiegebieden en parkgebieden hebben een matige potentie voor LFM en krijgen een gewicht van 50%-60% toegekend. De overige bestemmingstypes worden niet meegenomen in de berekening voor potentieelbepaling, en krijgen bijgevolg een gewicht 0% toegekend. De gewichten die toegekend werden aan de verschillende huidige, intermediaire en toekomstige bestemmingstypes volgens het gewestplan worden weergegeven in Tabel 9. Opgemerkt dient te worden dat de gekozen gewichten geen absolute gewichten zijn, maar relatieve gewichten om de type stortplaatsen ten opzichte van elkaar af te wegen.

Met betrekking tot oude industriële gebieden zijn brownfields interessant en is de kans op herontwikkeling groter. Op het moment van het schrijven van dit rapport is de OVAM aan het werken om de brownfields in Vlaanderen in kaart te brengen. Zodra deze gegevens bekend zijn, kunnen deze gegevens geïntegreerd worden in de rekentool. Immers is hiervoor ruimte ter beschikking gesteld.

Type stortplaats	Begrenzing volume (m ²)			Motivatie
	Huidig	Intermediair	Toekomstig	
0100 – Woongebieden	0%	0%	0%	geen tot weinig potentieel voor ELFM
0200 – Gemeenschapsvoorzieningen	0%	0%	0%	geen tot weinig potentieel voor ELFM
0300 – Dienstverleningsgebieden	0%	0%	0%	geen tot weinig potentieel voor ELFM
0400 – Recreatiegebieden	50%	50%	50%	weinig tot matig potentieel voor ELFM
0500 – Parkgebieden	50%	60%	60%	weinig tot matig potentieel voor ELFM
0600 – Bufferzones	100%	100%	100%	hoog potentieel voor ELFM
0700 – Groengebieden	100%	100%	100%	hoog potentieel voor ELFM
0800 – Bosgebieden	100%	100%	100%	hoog potentieel voor ELFM

0900 – Agrarische gebieden	100%	100%	100%	hoog potentieel voor ELFM
1000 – Industriegebieden	0%	0%	0%	geen tot weinig potentieel voor ELFM
1100 – Industriegebieden (brownfields)	100%	100%	100%	hoog potentieel voor ELFM
1100 – Industriegebieden	0%	0%	0%	geen tot weinig potentieel voor ELFM
1100 – Industriegebieden (brownfields)	100%	100%	100%	hoog potentieel voor ELFM
1200 – Ontginningsgebieden	100%	100%	100%	hoog potentieel voor ELFM
1300 – Stort	100%	100%	100%	hoog potentieel voor ELFM
1400 – Militaire gebieden	0%	0%	0%	geen tot weinig potentieel voor ELFM
1500 – Infrastructuur	0%	0%	0%	geen tot weinig potentieel voor ELFM
1600 – Overige	0%	0%	0%	geen tot weinig potentieel voor ELFM
1700 – Landelijke gebieden	100%	100%	100%	hoog potentieel voor ELFM
Xx80 – Uitbreidingsgebieden	100%	100%	100%	hoog potentieel voor ELFM

Tabel 9: Overzicht gewichten per bestemmingstype

3.3.2.5 Gewicht ontsluiting

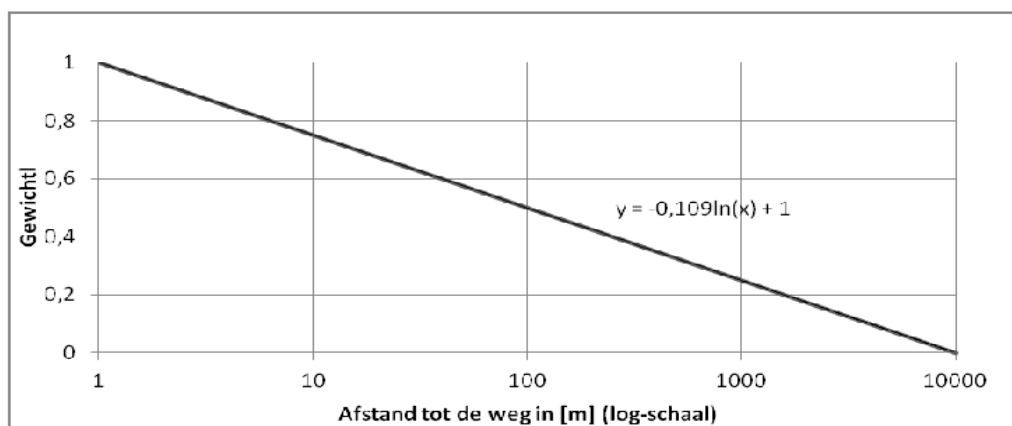
Algemeen geldt dat hoe verder een stortplaats gelegen is van een berijdbare openbare weg, een spoorweg of een bevaarbare waterloop, hoe minder interessant deze stortplaats wordt voor de toepassing van LFM.

De totale ontsluiting wordt in de rekentool bepaald door de drie (openbare weg, spoorweg of bevaarbare waterloop) te sommeren, waarbij voor elke afstand een gewicht kan gegeven worden. Momenteel wordt in de rekentool voor de openbare weg een gewicht van 60% gegeven en voor spoorweg en waterloop elk 20% (totaal 100%). Deze gewichten kunnen aangepast worden.

Het verband tussen de afstand van een stortplaats tot een berijdbare openbare weg en de wegingsfactor die hieraan toegekend wordt, kan weergegeven worden aan de hand van de natuurlijk logaritmische functie

$$y = -0,1086\ln(x)+1$$

waarbij x de afstand tussen de stortplaats en de openbare weg is, en y de bijhorende wegingsfactor is. In volgende afbeelding wordt dit verband grafisch weergegeven.



Figuur 9: Verband afstand stortplaats tot openbare weg en wegingsfactoren

Zowel het verband tussen de afstand van een stortplaats tot de dichtstbijzijnde spoorweg en de wegingsfactor die hieraan toegekend is, als het verband tussen de afstand van een stortplaats tot de dichtstbijzijnde bevaarbare waterloop en de wegingsfactor die hieraan toegekend is, kan weergegeven worden aan de hand de volgende functies:

$$y = 1$$

indien $x < 50$ m;

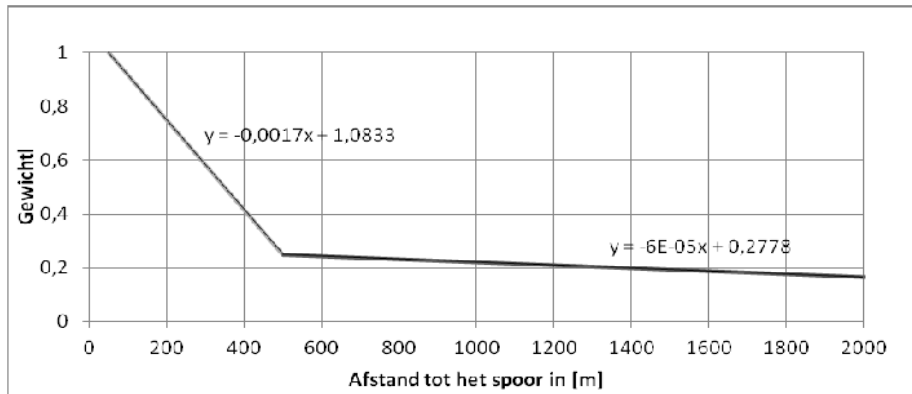
$$y = -0,0017x + 1,0833$$

indien $50 \text{ m} < x < 500\text{m}$;

$$y = -6e^{-0,5x} + 0,2778$$

indien $500 \text{ m} < x$;

waarbij x de afstand tussen de stortplaats en de dichtstbijzijnde spoorweg of de dichtstbijzijnde bevaarbare waterloop is, en y de bijhorende wegingsfactor. In de volgende Figuur 10 wordt dit verband grafisch weergegeven.



Figuur 10: Verband afstand stortplaats tot spoorweg of bevaarbare waterweg en wegingsfactoren

3.3.2.6 Gewicht omgeving

Een andere stortplaats van hetzelfde type in de omgeving kan interessante mogelijkheden bieden voor LFM gezien een groter volume wordt gegenereerd indien LFM op beide stortplaatsen tezamen wordt toegepast of gezien de ene stortplaats mogelijk zou kunnen dienen als opslagplaats voor afval van de andere stortplaats. Het verband tussen de afstand van een stortplaats tot een andere stortplaats en de wegingsfactor die hieraan toegekend is kan weergegeven worden aan de hand de volgende functies:

$$y = 1$$

indien $x < 50$ m;

$$y = -0,0006x + 1,0278$$

indien $50 \text{ m} < x < 500\text{m}$;

$$y = -0,0013x + 1,4$$

indien $500 \text{ m} < x < 1000 \text{ m}$;

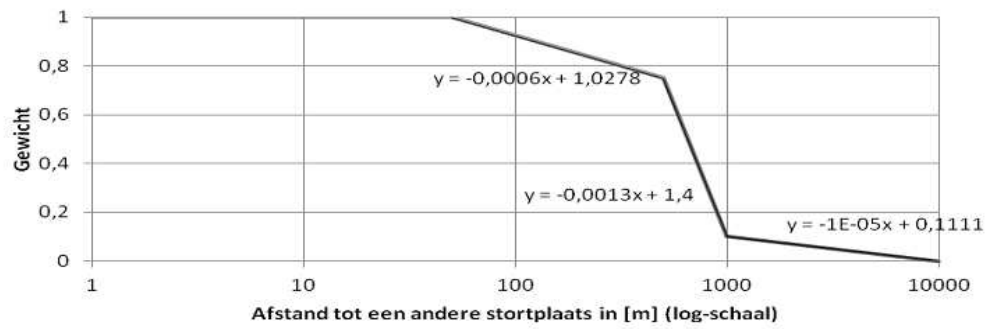
$$y = -1e^{-0,5x} + 0,1111$$

indien $1000 \text{ m} < x < 10000 \text{ m}$;

$$y = 0$$

indien $x > 10000 \text{ m}$

waarbij x de afstand tussen de stortplaats en een andere stortplaats is, en y de bijhorende wegingsfactor. In de volgende Figuur 11 wordt dit verband grafisch weergegeven (in logaritmische schaal).



Figuur 11: Verband afstand stortplaats tot andere stortplaatsen en wegingsfactoren

3.4 Doelstelling 1: Waste to Energy (WtE)- energie

3.4.1 Inleiding

Waste to Energy (WtE) is een vorm van terugwinning van energie. Dit is een proces waarin energie in de vorm van elektriciteit of warmte wordt gemaakt uit:

- **stortgas**: op stortplaatsen waar biologisch afbreekbaar afval wordt gestort, ontstaat stortgas door de afbraak van organische resten in het afval. Dit stortgas kan nadien omgezet worden tot energie;
- **afval**: Het afval afkomstig van de stortplaats kan op een dusdanige manier verhit worden dat het afval in brandstof wordt omgezet. Het produceert nieuwe energie met een hoog rendement (afhankelijk van de kwaliteit van het afval).

In relatie tot de potentieelbepaling voor Landfill Mining wordt enkel het proces bedoeld waarbij energie vanuit een reeds bestaande stortplaats kan teruggewonnen worden. Concreet betekent dit dus dat niet wordt ingegaan op de verbranding van afvalstoffen die anders zouden worden gestort op stortplaatsen.

De meeste WtE toepassingen produceren elektriciteit via verbrandingsprocessen, of produceren brandbare (grond)stoffen, zoals methaan, methanol, ethanol of synthetische brandstoffen.

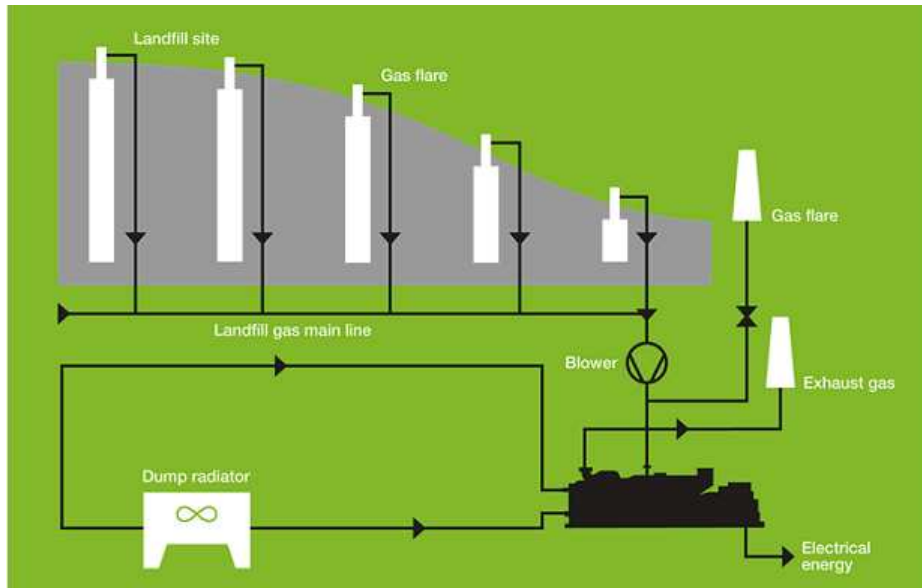
Indien gekozen kan worden tussen de stortplaats te gebruiken voor energie (WtE) of voor hergebruik van de materialen (WtM) wordt afgewogen voor welke doelstelling het materiaal het meest geschikt is om zodoende een optimaal gebruik van het materiaal te garanderen.

3.4.2 Criterium 1 - type

3.4.2.1 Huishoudelijk afval

Stortgas

Stortgas wordt gegenereerd door de natuurlijke afbraak van het biologisch afbreekbaar afval door anaërobe (zonder zuurstof) micro-organismen. Als het gas eenmaal is geproduceerd, kan het gas worden verzameld door een verzamelsysteem, dat typisch bestaat uit een reeks boringen in het gestorte afval en verbonden door een kunststof leidingsysteem (zie Figuur 12). De eerste stap van de behandeling van het gas is het afscheiden van water, gevolgd door filtering. Daarna zorgt een radiaalpompe voor een correcte zuig- en persdruk, en volgt de reiniging en droging van het stortgas. Het stortgas wordt gebruikt langs de WKK's die hun stroom leveren aan de breekmolens of aan het net, de warmte in de WKK's wordt geleverd aan de serres. Desgevallend wordt de warmte, die niet direct wordt gebruikt, opgeslagen in een buffervat. Het stortgas dat niet kan worden benut, wordt in zekere mate opgeslagen in een flexibele gasopslag. Het onbenutte stortgas wordt afgefakkeld.



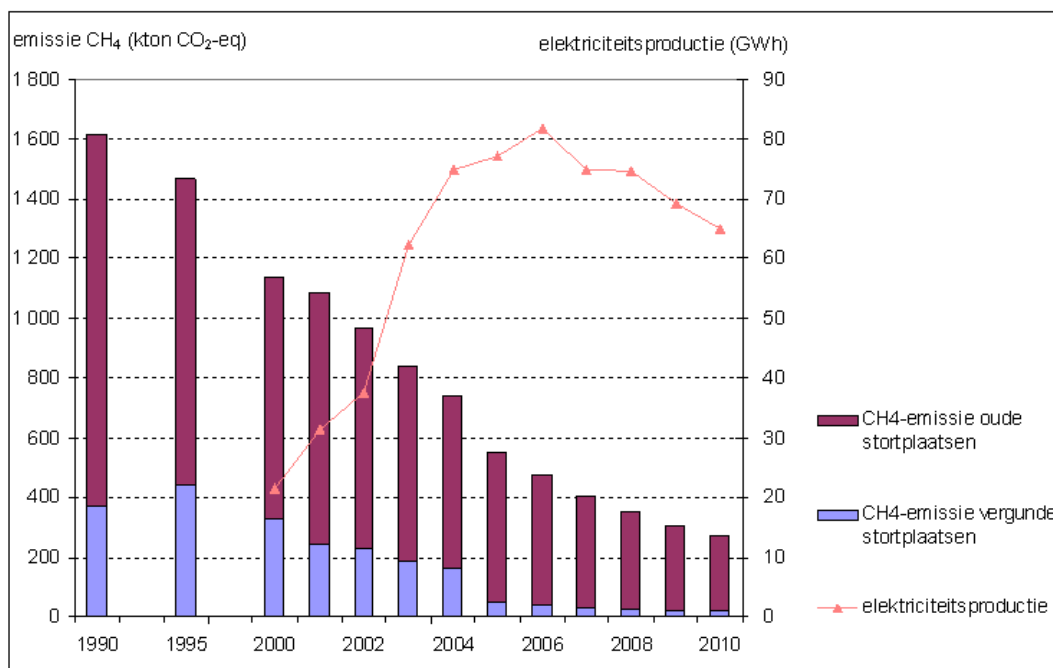
Figuur 12: Schematische principeschets omzetten van stortgas naar elektriciteit (bron: <http://www.clarke-energy.com/gas-type/landfill-gas/>)

Het gas dat wordt opgevangen is verzadigd met water. Dit water moet worden verwijderd voorafgaand aan verdere verwerking. De typische samenstelling van het gas is 50-60% methaan, 40% kooldioxide en overige componenten (N_2 , H_2 , O_2).

Op stortplaatsen waar biologisch afbreekbaar afval is gestort, moet in Vlaanderen het geproduceerde stortgas sinds 1995 worden gevaloriseerd als energiebron (elektriciteit of warmte) of, als dat niet haalbaar is, verbrand in een gasfakkel (bron VMM, MIRA rapport, 2010). Dankzij die verplichting namen de diffuse methaan-emissies (CH_4) op de betreffende stortplaatsen sterk af (zie Figuur 13). Sinds 2004 komt de elektriciteit die met het opgevangen stortgas wordt geproduceerd in aanmerking voor groenestroomcertificaten en sinds 2005 wordt alle opgevangen gas ingezet voor energetische valorisatie. In 2010 werd 65 GWh elektriciteit geproduceerd met stortgas, goed voor 2% van de totale groenestroomproductie.

Op oude stortplaatsen, afgewerkt vóór 1995, moet het stortgas niet worden opgevangen. Die oude stortplaatsen afgewerkt vóór 1995 waren in 2010 verantwoordelijk voor 92 % van de methaanuitstoot van stortplaatsen (bron: <http://www.milieurapport.be/nl/feitencijfers/MIRA-T/milieuthemas/afval/verwerking-van-afval/milieudruk-van-stortplaatsen/>). De methaanemissie van die oude stortplaatsen neemt wel geleidelijk aan af.

Het potentieel in Vlaanderen wordt geschat op 46 miljoen m^3 (bron: Vlaamse overheid). Dat brengt de winbare stortgashoeveelheid (in optimale omstandigheden, winningsrendement 80%) op ongeveer 37 miljoen m^3 met een totaal energetisch potentieel van 662 TJ (50% methaan). Valorisatie van de totale winbare stortgashoeveelheid via WKK levert een elektrisch potentieel van 64 GWh (35% elektrisch rendement) (voor een voorziening van 18.000 gezinnen) en een mogelijke warmte-recuperatie van 331 TJ.



Figuur 13: Methaanemissies in relatie tot de elektriciteitsproductie (bron VMM, MIRA rapport, 2010)

Elektriciteitsopwekking met behulp van een gasmotor is vanuit technisch en economisch oogpunt de meest haalbare benuttingsoptie voor de stortexploitanten. Toch houdt investeren in stortgasvalorisatie vaak een groot financieel en industrieel risico in:

- de totale investeringskost voor stortgasonttrekking, eventueel gastransport en een WKK-groep, ligt hoog;
- de valorisatie van elektriciteit is enkel haalbaar indien een continue biogaslevering gegarandeerd kan worden gedurende minstens 10 jaar en zeker op het ogenblik van de vermogenspiek - en/of een aardgasleiding als back-up voorzien wordt. De geproduceerde warmte blijkt veelal niet te valoriseren.

De prijs van de geleverde (elektrische) energie is doorslaggevend voor de rendabiliteit van concrete investeringsprojecten. Enkel met bijkomende subsidies is de terugverdientijd voor stortgasbenuttingsprojecten aanvaardbaar. Gezien het snel afnemende globale stortgaspotentieel in Vlaanderen moet de stortgasvalorisatie zo snel mogelijk kunnen starten.

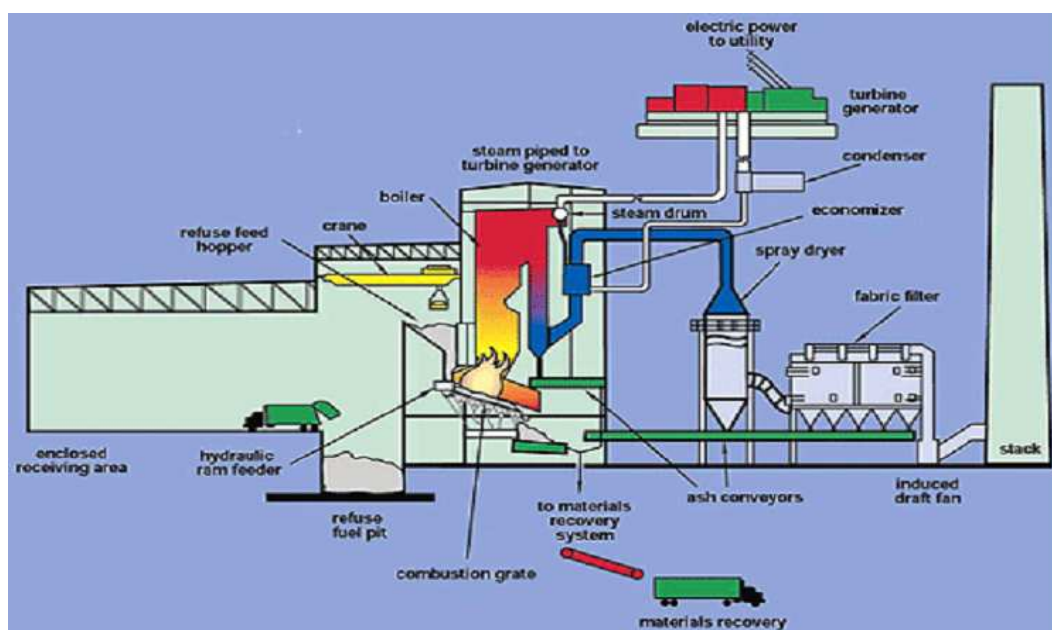
Energie uit afval

Er zijn verschillende methoden om energie op te wekken uit afval. De meest gangbare methode is de **opwekking van elektriciteit bij verbranding van (huishoudelijk) afval in afvalcentrales**. In de verbrandingsoven wordt de vrijkomende warmte gebruikt om water te verhitten tot stoom. De stoom gaat vervolgens onder hoge druk naar de elektriciteitsproductie of wordt gebruikt als warmtebron (zie onderstaande Figuur 14). Bij de verbranding komt CO₂ vrij, maar deze CO₂-uitstoot is vele malen lager dan de uitstoot van broeikasgassen (voornamelijk methaan) vanuit afval dat ligt opgeslagen in een stortplaats. Bij de verbranding komen ook vliegashoudend bodemas als afvalstromen vrij.

Desondanks, wordt energie-opwekking door verbranding van afval gezien als een goed alternatief voor energie opwekking. In 2011 is in België 2,57 miljoen ton afval verbrand en daarmee is meer dan 1,22 miljoen MWh elektriciteit geproduceerd, voldoende voor intern gebruik van afvalcentrale (20%) én om ruim 275.000 gezinnen van elektriciteit te voorzien (bron: <http://www.bw2e.be/nl>).

Het rendement van energie-opwekking uit afvalverbranding is niet alleen afhankelijk van de fractie organische stoffen, maar ook van het vochtgehalte, de homogeniteit en de calorische waarde van het afval.

Naast (directe) verbranding zijn er een aantal (opkomende) technieken waarmee **uit afval energie of andere (bio)brandstoffen kunnen worden geproduceerd**. Met de technieken kan in principe meer energie per ton afval worden opgewekt in vergelijking met (directe) verbranding. Doordat corrosieve materialen (as) worden gescheiden van de brandstof, kan het afval met een hogere temperatuur worden verbrand. Enkele voorbeelden van thermische technieken zijn vergassen en pyrolyse. Daarnaast zijn er ook niet-thermische technieken waarbij **biobrandstoffen** kunnen worden geproduceerd, zoals anaerobe vergisting en fermentatie.



Figuur 14: Schematische weergave energie uit afval (bron:<http://www.pinellascounty.org/utilities/wte-diagrams.htm>)

3.4.2.2 Industrieel afval

Stortgas

Organisch-biologische bedrijfsafvalstoffen zijn afvalstoffen van plantaardige of dierlijke oorsprong die ontstaan bij industriële, ambachtelijke of wetenschappelijke activiteiten (restproducten van productieprocessen, productie- uitval en recall-producten). Het betreft afvalstromen met een gehalte aan droge stof > 5% uit de voedings- en genotmiddelenindustrie, distributiesector, horeca, havenactiviteiten, tabakssector, papierindustrie en textielsector.

Energie uit afval

Indien industrieel afval een organische fractie bevat kan ook uit industrieel afval energie worden opgewekt. Of dit haalbaar en rendabel is hangt van de samenstelling van het industriële afval.

3.4.2.3 Waterzuiveringsslib

In Vlaanderen wordt jaarlijks een aanzienlijke hoeveelheid waterzuiveringsslib geproduceerd, die dient verwerkt en afgezet te worden. Er is een toenemende trend naar een energetische valorisatie van deze afvalstroom. In dit opzicht wordt de inzet van anaerobe vergisting als zeer positief beschouwd. Tijdens de slibvergisting wordt een energierijk biogas geproduceerd (55-75% methaan) dat kan gevoed worden aan gasmotoren voor de productie van warmte en elektriciteit. Door de aanwezigheid van rigide en moeilijk afbreekbare structuren verloopt de vergisting van slib echter traag, waardoor een lange verblijftijd in de vergister noodzakelijk is, typisch tussen 15 en 20 dagen. Zelfs bij deze lange verblijftijden blijft de totale omzettingsgraad beperkt. Slechts om en bij de 50% van de totale organische drogestof wordt omgezet naar gas.

Voorbehandelingsmethoden, die een gedeeltelijke desintegratie van het slib teweegbrengen, bieden een ruim potentieel om de vergistingssnelheid en het vergistingsrendement aanzienlijk te verbeteren.

3.4.2.4 Overige typen stortplaatsen

Net zoals voor huishoudelijke en industriële stortplaatsen bestaat er voor gemengde stortplaatsen een hoog potentieel voor energie-recuperatie. Voor 'andere' stortplaatsen wordt dit potentieel lager ingeschat, afhankelijk van de samenstelling van de niet-gedefinieerde stortplaats. Gezien stortplaatsen die baggermateriaal bergen een beperkte hoeveelheid organisch materiaal bevatten, zijn ook baggerstortplaatsen interessant voor energieopwekking, zij het in mindere mate.

Mijnbouwafval (bv. steenkoolterris met onvolledige scheiding tussen steenkool en schisten) kan nog een zeker energie-potentieel bevatten.

De overige typen stortplaatsen (metaalslakken, gips, vliegassen, inert afval en asbest) bevatten geen organisch materiaal en vormen daarom geen stortgas. Bijgevolg zijn zij niet interessant voor energieopwekking vanuit methaangas.

3.4.3 Criterium 2 – Volume

De hoeveelheid stortgas aanwezig in een stortplaats en de energie die wordt verkregen uit afval is evenredig met het volume van de stortplaats, en specifiek met de hoeveelheid organisch materiaal. Hoe hoger het koolstofgehalte, hoe meer stortgas er op termijn vrijkomt.

Voor de hoeveelheid stortgas wordt volgende formule gehanteerd in relatie tot het volume (bron CE Delft, Afvalverwerking en CO₂, maart 2006, p. 24) .

$$V_t = \xi \cdot M \cdot C_0 \cdot k \cdot e^{-kt}$$

V_t = volume stortgas

ξ = fractie van de organische koolstof die daadwerkelijk wordt omgezet

M = hoeveelheid gestort materiaal

C_0 = gehalte aan organisch afbreekbaar materiaal

k = factor ter bepaling van de halfwaardetijd

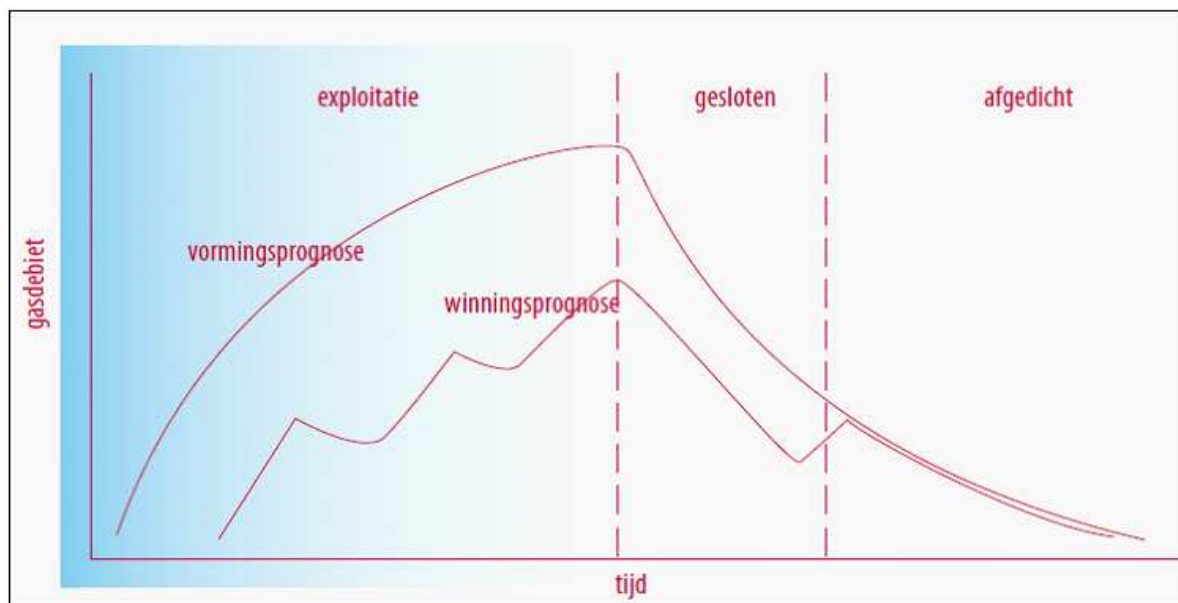
3.4.4 Criterium 3 – Ouderdom

Het potentieel van energieopwekking uit afval hangt af van het gehalte organisch stof in het afval. In principe geldt dat hoe ouder het stort, hoe meer organisch materiaal zal zijn afgebroken en hoe lager het potentieel voor energieopwekking.

De biochemische processen waardoor stortgas gevormd wordt, verlopen langzaam. Hierdoor komt het stortgas vertraagd vrij: in het begin relatief veel, in latere jaren steeds minder. Daarbij wordt een halfwaardetijd gehanteerd. Voor stortgas resulteert dit in de vormings- en winningscurve zoals opgenomen in Figuur 3-7 met volgende algemene kenmerken: in de exploitatiefase stijgt de hoeveelheid gevormd stortgas vrij snel als gevolg van de toenemende hoeveelheid afval op de stortplaats, om in de daaropvolgende jaren te dalen (afhankelijk van de halfwaardetijd).

Vervolgens wordt het winningsrendement geschat. Voor een optimale winning is het aan te bevelen om bij de winning van stortgas de vormingscurve zo goed mogelijk te volgen. Hoe dichter de winningscurve de vormingscurve benadert, hoe hoger het winningsrendement is. Zoals de grafiek illustreert, is het winningsrendement in de exploitatiefase doorgaans minder hoog. Dit komt doordat gaswinning tijdens exploitatie moeilijker te capteren is. Bij compartimentsgewijze opbouw van een stortplaats wordt soms een zaagtand verkregen omdat de winning compartiment na compartiment wordt opgestart. Zodra een stortplaats definitief afgedicht is, wordt veelal een winningsrendement van 95-100 % aangenomen.

Ten behoeve van de potentieelbepaling van LFM voor WtE wordt de eindtermijn van de exploitatiefase op het jaar 1995 geplaatst, omdat vanaf dat moment het winnen van stortgas verplicht is gesteld (Vlarem).



Figuur 15: Principegrafiek van vormings- en winningscurve stortgas (bron Senternovem, Handreiking methaanreductie stortplaatsen, 2010)

3.4.5 Criterium 4 – gebruik

3.4.5.1 Gebruiksfunctie

De gebruiksfunctie kan een invloed hebben op de doelstelling WtE. Zo zijn voormalige stortplaatsen in agrarische, natuurgebieden of randstedelijke gebieden vaak interessant gezien zij vaak groot zijn qua omvang (verschillende hectaren) en de kans op stortgasvorming reëel is (doelstelling 1 - WtE).

3.4.5.2 Bebouwing

De aanwezigheid van reeds bestaande bebouwing op een stortplaats is niet gunstig voor het gebruik van het materiaal voor energie.

3.4.5.3 Criterium 5 – ontsluiting

Door een goede ontsluiting via openbare weg, bevaarbare waterlopen of het spoor stijgt het potentieel van een stortplaats voor WtE.

3.4.5.4 Criterium 6 – omgeving

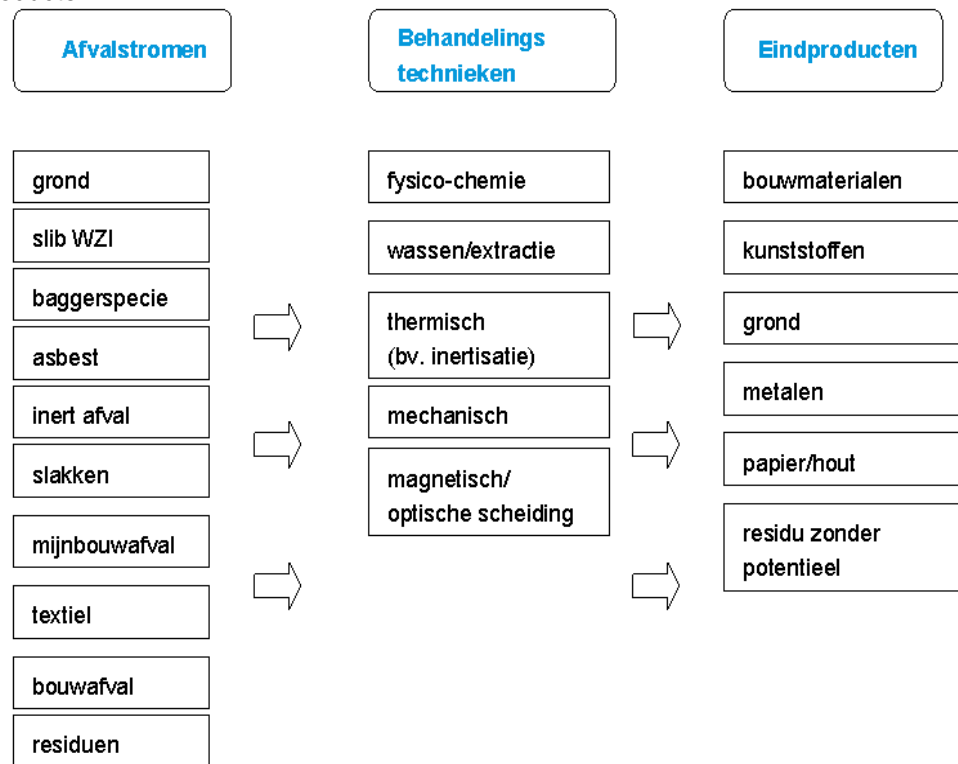
De ligging van een stortplaats ten opzicht van omliggende stortplaatsen is ook bepalend voor WtE. Idealiter zou zijn dat stortplaatsen van hetzelfde type bij elkaar liggen voor clustering.

3.5 Doelstelling 2: Waste to Materials (WtM) – materialenbeheer

3.5.1 Inleiding

Doelstelling 2 - Waste to Materials (WtM) bestaat uit de valorisatie van de verschillende afvalstromen die vrijkomen uit een bepaald stort en deze afvalstromen te hergebruiken als materialen.

In Figuur 16 is een overzicht weergegeven van de verschillende afvalstromen die kunnen vrijkomen uit de verschillende type stortplaatsen, de behandelingstechnieken en de eindproducten.



Figuur 16: Algemeen overzicht afvalstromen en eindproducten (WtM)

3.5.2 Criterium 1 – type

3.5.2.1 Huishoudelijk afval

Huishoudelijk afval bevat verschillende materiaal- en afvalstromen. Een aanzienlijk deel van deze materialen kunnen worden teruggewonnen door het afval op te graven en te scheiden in verschillende fracties (grond, metalen, plastic, minerale delen, etc). Het percentage dat kan worden teruggewonnen en zuiverheid van de verschillende fracties hangt af van fysische en chemische samenstelling van het afval en de scheidingsmethoden. Op basis van eerder uitgevoerde LFM projecten kan 85% - 95% van de grond worden teruggewonnen, 70% - 90% van de (ferro) metalen en 50% tot 75% van het plastic. De zuiverheid van deze fracties varieert tussen de 70% tot 95%. (Bron: Technical Brief from the World Resource Foundation).

Afhankelijk van samenstelling, zuiverheid en milieuhygiënische kwaliteit kunnen de fracties puin, grond, metalen, plastic, hout en papier worden hergebruikt. Bijvoorbeeld beton- en metselpuin kan worden hergebruikt als grondstof in de wegen- en woningbouw.

3.5.2.2 Industrieel afval

Het gangbare industriële afval, zal net als huishoudelijk afval, bestaan uit een mengsel van steen, hout, metalen, plastic, textiel en papier/ karton. Voor het terugwinnen van deze materialen zal het afval, zoals beschreven bij huishoudelijk afval, moeten worden gescheiden en eventueel aanvullend worden bewerkt.

Organisch-biologisch bedrijfsafvalstoffen worden grotendeels hergebruikt in land- en tuinbouw, als veevoeding, meststof of bodemverbeterend middel (na stabilisatie, compostering of vergisting). Gebruik in veevoeding (al of niet na voorbehandeling) is een hoogwaardige vorm van recuperatie. Storten en zonder meer verbranden worden ook nog (te veel) toegepast. De vergistingstechnologie wordt algemeen toegepast en aangemoedigd voor het verwerken van de organisch-biologische afvalstromen uit de industrie. Vooral bij waterzuiverings-slib heeft dit een zeer positieve impact bij de lozing van deze afvalstromen in het oppervlaktewater.

3.5.2.3 Mijnbouwafval

In de mijnbouw worden twee typen afval onderscheiden: “overburden” materiaal en “tailings”.

“**Overburden**” is het materiaal dat wordt verwijderd om economisch interessante afzettingen/ertsen te bereiken. Het “overburden” materiaal kan fracties metalen of steenkool bevatten die ten tijde van de mijnbouw operatie economisch niet rendabel waren om te winnen.

De tweede afvalstroom is de reststroom die vrijkomt na extractie van bijvoorbeeld metalen. Een bekende afvalstroom is “**tailings**”, een slurry die ontstaat na het fijn malen van gesteente en behandeling met onder andere water.

Een ander afvalproduct is bijvoorbeeld “**zinkassen**”, die vrijkomen bij de extractie van zink uit erts.

Afhankelijk van type mineraal en extractietechniek kunnen er in mijnafval nog winbare fracties mineralen/ metalen aanwezig zijn. Net als bij het overburden materiaal is namelijk de mate van extractie van metalen afhankelijk van de toegepaste extractietechniek en metaalprijzen op een bepaald moment.

Door technologische innovaties in het mijnbouwproces en/of toename van de metaalprijzen kan in de loop van de jaren **re-mining** van overburden materiaal, tailings of zinkassen economisch interessant worden. In de gangbare mijnbouw wordt regelmatig re-mining van bijvoorbeeld oude tailings toegepast.

Bij **re-mining** worden naast de gangbare technieken voor winning van metalen, zoals hoogtemperatuur- ('**pyrometallurgisch**') of elektrochemisch proces ook minder intensieve technieken zoals 'biomining' toegepast. Biomining is een algemene term die wordt gebruikt om de commerciële toepassing van micro-organismen voor de winning van metalen uit ijzer- of sulfide ertsen te beschrijven. Het omvat zowel uitlogen (**bioleaching**) als **biooxidatieprocessen**. Bioleaching is oorspronkelijk ontwikkeld om koperextractie te bewerkstelligen uit laagwaardige ertsen, maar wordt inmiddels ook voor andere laagwaardige metaalertsen (goud, kobalt, nikkel, zink en uranium) toegepast. Het voordeel van biomining bestaat eruit dat in-situ grote hoeveelheden materiaal (dumps) kan worden behandeld.

Economische haalbaarheid van re-mining van mijnafval hangt onder andere af van het type mineraal, de gebruikte extractiemethode, de fysische en chemische eigenschappen en homogeniteit van het mijnafval, en de metaalprijzen. De economische haalbaarheid zal per situatie moeten worden bekeken. Als vuistregel kan worden gehanteerd dat: 'hoe ouder het mijnafval, hoe hoger de kans dat er winbare metaal- en/of steenkoolfracties aanwezig zijn'.

3.5.2.4 Metaalslakken

Metaalslakken zijn het bijproduct van extractieve metallurgie en bestaan vooral uit gestolde oxides. Hoogovenslakken vormen een specifiek bijproduct van de reactie tussen steenkool en een hoogoven. Hoogovenslakken bestaan in hoofdzaak uit siliciumoxide, calciumoxide, magnesiumoxide en aluminiumoxide. De hoogovenslak bevat ook steeds een beperkte hoeveelheid ijzeroxide.

Slakken kunnen worden hergebruikt als toeslagmateriaal voor beton. De toepasbaarheid hangt af van de mechanische eigenschappen, zoals de sterkte, en de milieuvorwaarden, zoals de samenstelling en uitloogbaarheid van zware metalen. Hoogovenslakken kunnen worden hergebruikt in de cementindustrie als vervanger van kalksteen. Vanwege de hoge gehalten aan kalk, ijzer en fosfor worden slakken ook als bemesting gebruikt (thomasslakkenmeel). Een andere toepassing die wordt overwogen, is het opnemen van CO₂ uit processen die fossiele brandstoffen gebruiken (CO₂-afvang en -opslag), door het calcineren van CaO-rijke slakken.

3.5.2.5 Baggerstortplaatsen

Vlaanderen beschikt over grote hoeveelheden bagger-, ruiming- en infrastructuurspecie. Specie vormt dus op het eerste zicht een mogelijk alternatief voor oppervlakedelfstoffen. De grootste hoeveelheden worden echter terug gestort onder water en zijn niet beschikbaar voor hergebruik. Tot op heden is het ook niet duidelijk welke mogelijkheden voor gebruik maatschappelijk het meest wenselijk zijn en welke beleidsinitiatieven nodig zijn om gebruik van specie in de praktijk mogelijk te maken.

Afzetmogelijkheden bagger- en ruimingsspecie

De huidige afzetmogelijkheden voor bagger- en ruimingsspecie zijn zeer beperkt. De zandige bagger- en ruimingsspecie (die voldoet aan de normen voor hergebruik als bodem) kan op dezelfde markt worden afgezet als uitgegraven bodem. Gezien de technische karakteristieken van het materiaal kan het echter moeilijk concurreren met deze bodemmateriële. Voor minder zandige specie is de afzet kleiner en gericht op specifieke afzettoepassingen zoals dijkwerken, geluidswallen of schermen, en afdeklagen voor stortplaatsen. De zandfractie van met name ruimingsspecie (en grachtenspecie) kan worden afgezet in betoncentrales.

Een analyse van de milieuhygiënische en bouwtechnische kwaliteit van de specie alsook van de huidige vraag en aanbod aan primaire delfstoffen en alternatieven geeft volgend beeld voor de mogelijke afzetmarkten van specie:

- vulzand: Vanuit bouwtechnisch en milieuhygiënisch standpunt komt voor deze markt de grootste hoeveelheid specie in aanmerking;
- de markt van vulzand wordt echter gedomineerd door grote hoeveelheden uitgegraven grond die zeer goedkoop of zelfs tegen negatieve prijzen ter beschikking wordt gesteld;
- bouwzand: Omwille van de korrelverdeling van specie is het potentieel aanbod van specie hiervoor beperkt. Vermits er nog veel primair bouwzand wordt gewonnen of ingevoerd, zou een alternatief secundair materiaal interessant zijn;
- klei/leem: voor deze markt komt nog een relatief groot aandeel specie en dan vooral bagger- en ruimingsspecie in aanmerking. In deze markt wordt nog veel primaire delfstof gewonnen of ingevoerd en zou een alternatief secundair materiaal interessant zijn. Echter, de economische haalbaarheid van het gebruik van specie is nog niet aangetoond. Deze specie kan gebruikt worden als bouw materiaal (bv. bakstenen, dakpannen, etc.).

Knelpunten op het vlak van afzet en verwerking

De grootste barrières voor het hergebruik van specie zijn:

- vanuit milieuhygiënisch en bouwtechnisch standpunt bekeken is vooral bagger- en ruimingsspecie vaak geen volwaardig alternatief voor primaire grondstoffen;

- door overschotten van andere secundaire grondstoffen, met name van grond uit het grondverzet, zal baggerspecie tegen hoge negatieve prijzen moeten worden afgezet om het economisch interessant te maken voor de gebruiker;
- de kostenbesparing die kan gerealiseerd worden door het toepassen van baggerspecie i.p.v. te storten is op dit ogenblik beperkt of zelfs niet aanwezig.

De afzet van gerecycleerde materialen verloopt vaak een stuk moeilijker dan de afzet van primaire materialen. Vaak zijn er een aantal barrières die de afzet van secundair (gerecycleerde) materialen bemoeilijken. Deze barrières kunnen voor gerecycleerde (en secundaire) materialen als volgt worden samengevat (Nielsen, 2007):

- primaire producten worden op vele plaatsen verkocht, men weet over het algemeen waar en tegen welke prijs. Kopers en verkopers van secundaire materialen vinden elkaar veel moeilijker. De materialen/producten zijn bovendien vaak uniek zodat men niet goed weet wat men koopt of verkoopt. Hierdoor is het ook moeilijk een prijs af te spreken;
- gebrek aan informatie over het materiaal/product. De koper en verkoper hebben verschillende informatie over het materiaal/product. De verkoper is vaak niet de producent van het materiaal/product en weet niet goed wat hij/zij verkoopt en de koper weet vaak niet goed wat hij/zij koopt;
- de koper kan niet of veel moeilijker terugvallen op ervaring opgedaan door andere kopers van het materiaal/product dan voor primaire materialen het geval is. Gezien er vaak ook nog weinig ervaring is opgedaan met de gerecycleerde materialen/producten, neemt de koper dus een risico bij de aankoop (en het gebruik) van deze materialen;
- de schaal waarop het gerecycleerd materiaal/product wordt aangeboden en de densiteit van verkooppunten, maken dat het vaak een handicap heeft ten opzichte van de afzet van primaire materialen. Alle kenmerken en eigenschappen van de gerecycleerde materialen/producten zijn vaak niet goed gekend

Deze knelpunten kunnen weggewerkt worden door (Nielsen, 2007):

- de marktwerking te bevorderen door monopolie te ontmoedigen;
- kwaliteitsgaranties op te stellen voor de materialen door middel van certificatie, ondersteuning bieden (subsidies) voor testapparatuur, aansprakelijkheid vastleggen bij het onjuist voorstellen van de gerecycleerde producten, uitwerken van oplossingen bij geschillen tussen koper en verkoper;
- demonstratieprojecten om deugdelijkheid van het gerecycleerd materiaal aan te tonen; gebruik van productstandaarden op basis van performantie van het materiaal, informatieverspreiding met betrekking tot de eigenschappen van het gerecycleerd materiaal;
- transactie en zoekkosten: informatieverspreiding naar potentiële marktpartijen, opstellen van gestandaardiseerde contracten om de onderhandelings- en transactiekosten te drukken;
- technologische kenmerken: producentenverantwoordelijkheid uitbreiden.

3.5.2.6 Inert afval

Conform de VLAREM is inert afval, afval dat geen significante fysische, chemische of biologische veranderingen ondergaat. Inert afval lost niet op, verbrandt niet en vertoont ook geen andere fysische of chemische reacties, het wordt niet biologisch afgebroken en heeft geen zodanige nadelige effecten op andere stoffen waarmee het in contact komt dat milieuverontreiniging of schade aan de menselijke gezondheid dreigt te ontstaan.

Voorbeelden van inert afval zijn:

- glas(verpakking);
- constructiematerialen: bakstenen, beton;
- tegels en keramiek;
- mengsels van beton, bakstenen, tegels en keramiek;

- glaswol, cellenglas.

Dit materiaal kan opnieuw gevaloriseerd worden voor de productie van cementhoudende materialen of als substituuut voor primaire bouwmaterialen. Vooraleer de cementhoudende materialen te hergebruiken dient echter gekeken te worden naar mogelijke uitlogende componenten.

3.5.2.7 Gips

Gips kan gevaloriseerd worden en hergebruikt worden als materiaal in volgende toepassingen:

- uit gipsafval kan voor ca 90% schoon gipspoeder gewonnen worden. Dit poeder wordt door gipsplatenfabrieken ingezet voor de productie van nieuwe gipsplaten;
- bodemverbeteraar.

Opgemerkt dient te worden dat voor hergebruik van het gips moet voldaan worden aan de kwaliteitsvereisten. Zo dient rekening gehouden te worden met onder ander het niet vrijkomen van radongas (radioactief).

3.5.2.8 Vliegassen

De samenstelling van vliegas en zodoende ook de valorisatie ervan hangt sterk af van de brandstof (type steenkool, biomassa) en het verbrandingsproces. Vliegas dat afkomstig is van steenkool (en een beperkt aandeel biomassa) kan hergebruikt en verwerkt worden in cement, beton, straatklinkers en asfalt. Het verdicht namelijk de structuur van het beton, waardoor het beter beschermd wordt tegen invloed van buitenaf. Vliegas afkomstig van de verbranding van afval in een afvalverbrandingsinstallatie vindt momenteel nog geen toepassing.

Verschillende wetenschappelijke studies tonen aan dat vliegassen kunnen gevaloriseerd worden tot cementvervangende constructiematerialen -of bouwmaterialen. Door toevoeging oplossingen met hoge alkaline gehalte², wordt een amorf aluminosilicaat gevormd met een gelijkaardige structuur zoals een zeolitische precursor (A. Palomoa, M.W. Grutzeckb,*, M.T. Blancoa, 1998). De temperatuur en de verhouding oplossing / vliegas hebben een invloed op de mechanische eigenschappen (bv. kracht) van het eindproduct.

3.5.2.9 Asbest

Door het toepassen van het vitrificatieproces met een plasmatoorts (hoge temperaturen van 1600°C) wordt de vezelstructuur van asbest vernietigd. Dit resulteert in een inert verglaasd vitrificaat, Cofalit genaamd. Dit is een glasachtige, chemisch stabiele matrix. Verschillende wetenschappelijke studies hebben aangetoond dat dit gevitricieerd product onschadelijk en niet-toxisch is (bron: Europlasma / Inertam), zodat dit in principe zou kunnen geklasseerd worden als een eindproduct. Echter moet dit tijdens het moment van schrijven nog goedgekeurd worden door het wetgevend kader. Het is door de Franse overheid goedgekeurd om in de wegenbouw te gebruiken. Het product heeft het uitzicht van zwart glas of een basaltsteen. Het wordt momenteel verkocht als een aggregaat voor wegenwerk onderlagen, maar het kan ook gebruikt worden voor andere, meer "nobele" toepassingen zoals voor het vervaardigen van betonproducten of andere bouwproducten (straatstenen, ...).

3.5.2.10 Waterzuiveringsslib

Na ontwatering van waterzuiveringsslib kan de zogenaamde slibkoek verder verwerkt worden, bijvoorbeeld via vergisting voor de productie van biogas of bijvoorbeeld via verbranding. Uit de assen van slibverbranding kunnen opnieuw grondstoffen worden gegenereerd, zoals fosfaat voor de productie van kunstmest of het gebruik van het verbrandingsgas in asfalt van wegen.

2 Deze oplossingen, gemaakt met NaOH, KOH, etc. hebben de algemene eigenschap om hoge OH- concentraties te bezitten.

3.5.2.11 Gemengde stortplaatsen en andere stortplaatsen

Net zoals voor huishoudelijke en industriële stortplaatsen bestaat er voor gemengde stortplaatsen een hoog potentieel voor materiaal-recuperatie. Voor 'andere' stortplaatsen wordt dit potentieel lager ingeschat, afhankelijk van de samenstelling van de niet-gedefinieerde stortplaats.

3.5.3 Criterium 2 – volume

Voor het terugwinnen van materialen uit afval geldt in het algemeen dat een installatie moet worden gebouwd voor het scheiden en/of bewerken van afval. In verband met investeringskosten is het volume van het afval van belang. Hiervoor geldt dat hoe groter het volume van afval, hoe groter de kans dat investeringskosten terugverdiend kunnen worden.

3.5.4 Criterium 3 – Ouderdom

Voor huishoudelijk en industrieel afval heeft de ouderdom een relatie met de samenstelling van de stortplaats. Voor mijnbouwafval en metaalslakken geldt in het algemeen hoe ouder het afvalmateriaal, hoe hoger de kans dat er winbare metaal- en/of steenkoolfracties aanwezig zijn.

3.5.5 Criterium 4 – Gebruik

De gebruiksfunctie (agraris gebied, industriezone, woonzone, recreatiezone of natuurgebied) kan een invloed hebben op de doelstelling WtM. Ook is de aanwezigheid van reeds bestaande bebouwing op een stortplaats niet gunstig voor het hergebruik van het materiaal (WtM).

3.5.6 Criterium 5 – Ontsluiting

Door een goede ontsluiting via openbare weg, bevaarbare waterlopen of het spoor stijgt het potentieel van een stortplaats voor WtM.

3.5.7 Criterium 6 – Omgeving

De ligging van een stortplaats ten opzichte van omliggende stortplaatsen wordt ook geëvalueerd ter bepaling van het potentieel inzake WtM. Idealiter zou zijn dat stortplaatsen van hetzelfde type bij elkaar liggen.

3.6 Doelstelling 3: Waste to Land (WtL) – ruimte

3.6.1 Inleiding

Voormalige stortplaatsen worden, nadat ze vol zijn en er geen afval meer wordt gestort, niet of nauwelijks gebruikt en blijven veelal braak liggen. De situering van veel voormalige stortplaatsen nodigt echter vaak juist uit tot intensief gebruik. In de jaren 1950 tot 1985 werd het afval aan de randen van het dorp en stad gestort. In elke gemeente of stad waren wel een of meerdere plaatsen waar gemeente en bedrijven het afval konden storten. Door dorps- en stadsuitbreiding zijn veel stortplaatsen ingesloten door bebouwing. In Vlaanderen gaat het over in totaal circa 55 km² (in totaal circa 0,45% van de totale oppervlakte), met een theoretisch volume van circa 400 Mton.

De toegenomen druk op de ruimte leidt ertoe dat ook uit een oogpunt van zuinig ruimtegebruik naar stortplaatsen wordt gekeken om deze te ontwikkelen voor woningbouw, bedrijventerrein, recreatie, landbouw en natuur. Door het geven van een nieuwe gebruiksfunctie aan de ruimte, die anders onbenut zou blijven liggen, wordt er elders ruimte voor landbouw en natuur bespaard.

Naast het bouwen op een stort, kan er ook ruimte worden gecreëerd voor nieuwe functies (bedrijven, wonen, natuur) door een stort af te graven, bruikbare materialen te recyclen (WtM) en overig deel te storten op een nabij gelegen stortplaats.

3.6.2 Criterium 1 – Type stortplaats

Voor doelstelling 3 “Waste to Land” komt elk type stortplaats in aanmerking zodra de ligging van de stortplaats een meerwaarde is voor herontwikkeling van het gebied. In de praktijk en op basis van de beschikbare databank van de OVAM gaat het voornamelijk wel om voormalige stortplaatsen met **huishoudelijk afval** en **industriële afval (sloop- en bedrijfsafval)**.

3.6.3 Criterium 3 – Volume

Voornamelijk de oppervlakte die wordt ingenomen door de stortplaats is van belang voor doelstelling 3. Grotere oppervlakten genereren een lagere unit rate per m³ afval.

3.6.4 Criterium 4 – Verbruik

3.6.4.1 Gebruiksfunctie

Op basis van de ruimtelijke context voor (her)ontwikkelingsmogelijkheden kunnen de voormalige stortplaatsen onderverdeeld worden in drie kenmerkende typen:

- 1 Landelijk (agrarisch / natuur).
- 2 Randstedelijk.
- 3 Binnenstedelijk en industrie.

Voormalige stortplaatsen in **agrarische of natuurgebieden** zijn visueel sterk in het landschap aanwezig. Ze zijn vaak tot in de jaren '80 in gebruik geweest en bestaan uit opvullingen van diepe zand- en kleiwinputten. Omdat er sloop- en bedrijfsafval is gestort, kan op veel van deze stortlocaties asbest aanwezig zijn. Deze stortplaatsen zijn vaak groot qua omvang (verschillende hectaren) en is kans op stortgasvorming reëel (doelstelling 1 - WtE). Een voorbeeld van deze stortplaatsen is terug te vinden in de kleiputten Terhagen in de Rupelstreek.

Voormalige stortplaatsen in **het randstedelijke gebied** zijn vaak niet zo herkenbaar als die in het landelijke gebied. Veel voorkomende gebruiksvormen hier zijn tijdelijke opslag. Deze stortplaatsen zijn gebruikt voor het storten van huishoudelijk, klein bedrijfsmatig en slooafval tot in de jaren '70. De ligging van deze stortlocaties in het randstedelijk gebied maakt dat de ruimtedruk op de omgeving vaak toeneemt. Er zijn meestal goede mogelijkheden voor de ontwikkeling van publieke voorzieningen zoals sportvelden, speelterreinen, zalen of evenementencentra. Speciale aandacht is nodig voor de zettingsgevoeligheid van het stortmateriaal en het optreden van stortgassen. Deze stortplaatsen zijn middelgroot qua omvang (1 - 5 ha). Een voorbeeld hiervan zijn de voormalige stortplaatsen nabij de stad Lier.

Stortplaatsen in **het stedelijke gebied en industrie** zijn in veel gevallen niet als zodanig te herkennen. De stortplaatsen bestaan uit opvullingen van oude stadsgrachten of zandwinputten. Het stortmateriaal bestaat voornamelijk uit huishoudelijk afval. Bebouwing op deze locaties stamt uit de jaren '50 en is aan modernisering toe. De herontwikkeling van deze stortplaatsen tot hoogwaardige openbare ruimte of bebouwing is goed mogelijk.

3.6.4.2 Bebouwing

De aanwezigheid van reeds bestaande bebouwing op een stortplaats is niet gunstig voor herontwikkeling, maar wil daarom niet zeggen dat dit een limiterende factor is. Indien we ervan uitgaan dat de bebouwing kort na de realisatie van de stortplaats is uitgevoerd, kan deze bebouwing om modernisering vragen. De herontwikkeling van deze stortplaatsen tot hoogwaardige openbare ruimte of bebouwing is goed mogelijk.

3.6.4.3 Kostprijs per m²

Een hoge kostprijs van een bepaald perceel kan een extra stimulans zijn voor het uitvoeren van LFM doordat dit een lagere unit rate per m³ afval met zich meebrengt (zie ook bebouwing - herontwikkeling tot hoogwaardige bebouwing).

3.6.4.4 Criterium 6 – Omgeving

Door het clusteren van stortplaatsen kan ook ruimte worden gecreëerd voor nieuwe functies. Voor het clusteren van stortplaatsen is van belang of er stortplaatsen in de buurt liggen van de te evalueren stortplaats. Hierbij geldt dat hoe verder het afval moet worden getransporteerd, hoe minder rendabel het verplaatsen van een stort is.

3.7 Doelstelling 4: Resource management (RM) – Voorraadbeheer Temporary storage

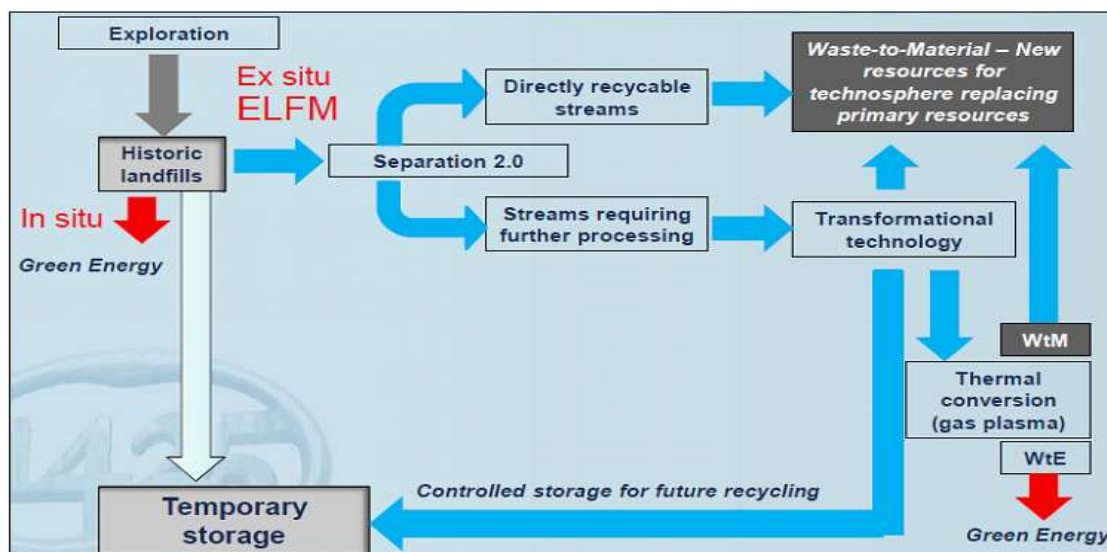
3.7.1 Inleiding

Tijdelijke opslag - voorraadbeheer

In de praktijk komt voor dat nieuw afval ofwel gestort wordt ofwel verbrand wordt. De reden hiervoor is dat er op dit moment nog geen geschikte technieken zijn om dit afval te valoriseren. Zodoende kan dit leiden tot suboptimaal gebruik van dit afval. Doelstelling 4 betreft het tijdelijke opslaan van afval waarbij aan voorraadbeheer wordt gedaan. De terminologie in het Engels is "Temporary Storage" of "Resource Management". Het afval wordt niet gestort, maar wordt tijdelijk opgeslagen met het oog op de latere valorisatie van deze afvalstoffen op het ogenblik dat hiervoor geschikte technieken ter beschikking zijn. Kortom, een stortplaats wordt een grondstofmijn van morgen.

De klassieke verbranding van nieuw afval leidt vaak tot suboptimale keuzes voor sommige stromen. Tijdelijke opslag in functie van valorisatie vermijdt dure, energie-intensieve scheidingsprocessen voor afvalstromen die als grondstof opnieuw herwinbaar zijn in de toekomst.

In Figuur 17 een het concept van Tijdelijke opslag schematisch opgenomen (bron Prof. P. Jones - KU Leuven).



Figuur 17: Concept Temporary Storage (Bron: Prof. P. Jones - KU Leuven)

Het tijdelijk opslaan kan op twee verschillende manieren worden uitgevoerd. In de eerste plaats kan **op een specifieke stortplaats** zelf het afval op basis van het type afvalstroom in verschillende compartimenten ingedeeld worden. Deze stortplaats wordt opgebouwd conform de huidige regelgeving (folie, opvang percolaat, draineringslagen, etc.) en kan overige afvalstromen van buitenaf ontvangen. Een ander principe wordt gesteld om monostortplaatsen te creëren met één type afvalstroom (cfr. huidige metaalhandel) (Temporary Storage) (zie bovenstaande figuur). Dit principe vereenvoudigt het valorisatieproces van deze specifieke afvalstroom).

Huidige status

Voor de werkelijke uitvoering van tijdelijke opslag dient het huidig wetgevend kader aangepast te worden en dienen er specifieke stimulansen te komen vanuit de overheid. Aansluitend dient vanuit de privé-markt verder onderzoek uitgevoerd te worden naar o.a. vermijden van dispersie van verontreinigde stoffen en het beperken van het verlies van kostbare grondstoffen.

3.7.2 Criterium 1 – Type

Het type stortplaats bepaalt in eerste instantie op welke manier aan voorraadbeheer kan gedaan worden:

- huishoudelijk, industrieel en gemengd afval:
 - er kan gekozen worden om op locatie de verschillende afvalstromen te scheiden en in compartimenten op te delen;
 - er kan gekozen worden om één bepaalde afvalstroom (bv. het hoofdbestanddeel) te bergen en de overige afvalstromen te verplaatsen naar overige stortplaatsen die voorraadbeheer uitvoeren;
- monostortplaats: in theorie bestaat deze uit één hoofdbestanddeel waarbij met deze afvalstroom aan voorraadbeheer gedaan kan worden.

3.7.3 Criterium 5 – Ontsluiting

Door een goede ontsluiting via openbare weg, bevaarbare waterlopen of het spoor wordt de unit rate per m³ afval verminderd wat het potentieel van een stortplaats verhoogt.

3.7.4 Criterium 6 – Omgeving

De ligging van een stortplaats ten opzichte van omliggende stortplaatsen is ook bepalend om aan voorraadbeheer te doen. Idealiter zou zijn dat stortplaatsen van hetzelfde type bij elkaar liggen. Zoals eerder vermeld, dient verder geëvalueerd te worden op basis van marktontwikkelingen en het wetgevend kader welke stortplaatsen voor welke afvalstromen aan voorraadbeheer kunnen doen.

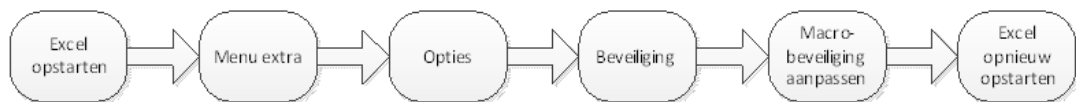
3.8 Technische uitwerking rekentool milieuprioritering LFM³: het FLAMINCO-model

3.8.1 Inleiding

Op basis van de vorige hoofdstukken, wordt in dit hoofdstuk in het kort het principe van de rekentool inzake milieuprioritering LFM uiteengezet. Deze rekentool is opgenomen in bijlage I.

- Tabblad 'Moederdatabase': basisdata;
- Tabblad 'Werkdatabase': deze database bevat dezelfde gegevens als de moederdatabase. Echter kunnen in de werkdatabase de gegevens uit de moederdatabase aangepast worden of bijkomende informatie worden toegevoegd;
- Tabblad 'Input': inputdata voor de berekeningen, gebaseerd op data tabblad 'Bijkomende input' en data tabblad 'Moederdatabase';
- Tabblad 'LFMinst': overzicht toegekende gewichtsfactoren voor de berekeningen
- Tabblad 'Samenvatting per doelstelling': resultaten berekeningen voor alle stortplaatsen
- Tabblad 'Samenvatting per stort': weergave potentieel per stortplaats
- Tabblad 'Eindgrafiek'

De rekentool werd opgemaakt met gebruik van 'macro's'. Deze dienen ingeschakeld te worden alvorens de rekentool gebruikt kan worden. Wanneer de macrobeveiliging in Excel is ingesteld op 'Laag', worden alle macro's uitgevoerd zonder enige voorafgaande melding. Wanneer de macrobeveiliging is ingesteld op 'Gemiddeld', wordt een dialoogvenster weergegeven waarin wordt gevraagd of macro's mogen ingeschakeld worden. Als de macrobeveiliging is ingesteld op 'Hoog', worden in Excel alleen macro's uitgevoerd die digitaal zijn ondertekend of die zijn opgeslagen op een vertrouwde locatie, zoals de opstartmap van Excel. De macrobeveiliging kan aangepast worden door volgende stappen uit te voeren:



Het gebruik van Microsoft Office macro's in OpenOffice is veelal mogelijk, maar moet handmatig ingeschakeld worden. Deze optie kan ingeschakeld worden door volgende stappen uit te voeren:



³ De rekentool die voor deze studie ontwikkeld werd en een prioritering voor potentieel LFM en potentiële saneringsnoodzaak geïntegreerd kan berekenen, krijgt de benaming **FLAMINCO-model**.

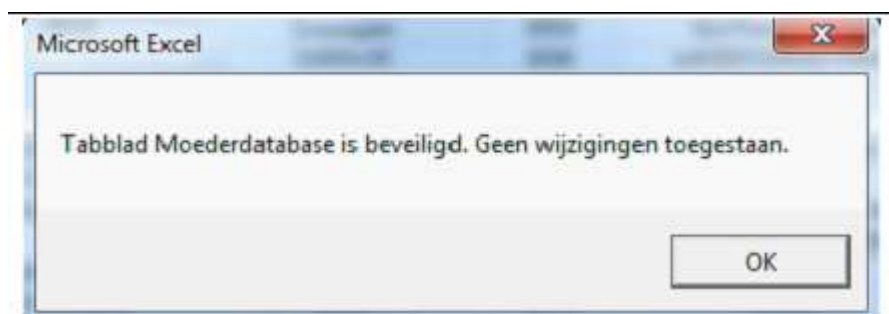
3.8.2 Tabblad “Begeleiding”

Dit tabblad bevat de algemene uitleg van de verschillende tabbladen opgenomen in de rekentool. Het bevat ook een verwijzing naar ieder tabblad.

3.8.3 Tabblad “Moederdatabase”

Dit tabblad bevat de basisdata van elke stortplaats voor de milieuprioritering. Als eerste input voor de bepaling van de milieuprioritering is gekozen voor een lijst van 72 stortplaatsen. Nadat de rekentool voor milieuprioritering gekoppeld is met de rekentool voor saneringsnoodzaak worden de inputdata uitgebreid met de circa 1700 stortplaatsen van de LFM-databank. De basisdatabank is opgesteld op basis van gegevens die terug te vinden zijn in de POT-fiches van OVAM, en worden aangevuld met gegevens uit beschikbare GIS-datalagen. Naast identificatie- en adresgegevens, zijn de inputdata onderverdeeld per criterium (type, ouderdom, volume, gebruik, ontsluiting en omgeving).

Dit tabblad is beveiligd en hierbij worden geen wijzigingen toegestaan (zie Figuur 18: Beveiliging Tabblad ‘Moederdatabase’). Wijzigingen worden uitgevoerd in het tabblad ‘werkdatabase’. Aanbevolen wordt om op regelmatige termijn (bijvoorbeeld jaarlijks) te updaten op basis van de wijzigingen die zijn uitgevoerd.



Figuur 18: Beveiliging Tabblad ‘Moederdatabase’

3.8.4 Tabblad “Werkdatabase”

3.8.5 Tabblad “Input”

Dit tabblad bevat de gegevens die gebruikt worden voor berekeningen. Aan de gebruiker is de keuze gelaten om de gegevens te gebruiken zoals zijn opgenomen in de moederdatabase of in de werkdatabase. Via de knop ‘verwerken’ worden de gegevens vanuit de moederdatabase of de werkdatabase met één handeling geïmporteerd. Wanneer gegevens worden gewijzigd in de werkdatabase ten opzichte van de moederdatabase, dan worden deze cellen in het rood weergegeven.

3.8.6 Tabblad “LF Minst”

In Figuur 19 wordt het tabblad ‘LFMinst’ weergegeven. Via de knop ‘laden’ worden de inputgegevens geladen nodig voor de berekeningen in het tabblad ‘LFMinst’. Via twee selectievakken kan een type stortplaats (huishoudelijk afval, industrieel afval, baggerspecie, slib WZI, inert afval, gips, vliegas, asbest, metaalslakken, mijnbouwafval, gemengd afval en andere) en een doelstelling (Waste to Energy (WtE), Waste to Materials (WtM), Waste to Land (WtL) en Waste to Resource Management (RM)) gekozen worden, waarna per criterium de verschillende toegekende gewichten worden weergegeven.

Type stortplaats:	Aangepaste waarden	4	criterium 1
T.1 Huishoudelijk afval	DEFAULT waarden	2	criterium 2
		3	criterium 3
		1	criterium 4
		1	criterium 5
		1	criterium 6
		0	criterium 21
		0	criterium 22

Doelstelling: WIE - Waste to Energy

Gewicht per criterium aanpassen

Criterium 1: Uniformiteit gewicht criterium 1: 4

Doelstelling	Gewicht	Uniformiteit
WPE	1,00	0,50
WMI	1,00	0,50
WIL	1,00	0,50
RII	1,00	0,50

Criterium 2: Ouderdom gewicht criterium 2: 2

Ondergrens	Bovergrens	Gewicht
1970	1980	0,25
1981	1990	1,00
1991	2100	0,75

Criterium 3: Volume gewicht criterium 3: 2

Ondergrens	Bovergrens	Gewicht
-	100.000	0,25
100.000	500.000	0,75
500.000	500.000	1,00

Criterium 4: Gebruik gewicht criterium 4: 1

HANDLEIDING

ENKEL DE WITTE VAKKEN ZIJN INPULCELLIEN

REUZE: In het bovenste selectievak kan het gewenste type stortplaats gekozen worden. In het onderste selectievak kan de doelstelling gekozen worden.

REUZE: De gewichten per criterium zijn aanpasbaar door getalwaarden in 'witte vakken' aan te passen. Er dient geklikt te worden op de knop 'gewicht per criterium aanpassen'.

ROTA: **Criterium 1: type**
Onder criterium 1 wordt aan een bepaald type stortplaats een gewicht toegekend afhankelijk van het belang van het type stortplaats voor een bepaalde doelstelling (waste to energy, waste to materials, waste to space, waste to resource management).
Het criterium type wordt gekoppeld aan de onzekerheidsfactor uniformiteit. Deze onzekerheidsfactor kan ten allen tijde aangepast worden indien meer informatie over een stortplaats bekend is (zie knop 'Aanpassen').

ROTA: **Criterium 2: ouderdom**
Afhankelijk van het type stortplaats dat geselecteerd wordt, worden verschillende jaartallen als ondergrens en bovengrens weergegeven. Als ondergrens is in eerste instantie per type stortplaats de oudste stortplaats gekozen. Verder is er rekening gehouden met stortplaatsen waar het storten niet onder de VLAREM-vergunning valt (voor 1980) en waar het storten wel onder de VLAREM-vergunning valt (na 1980). Hier wordt dan een bepaald gewicht aan toegekend. Dit gewicht is aanpasbaar via de knop 'Aanpassen'.

ROTA: **Criterium 3: volume**
Het gewicht dat wordt toegekend aan het criterium volume is voor alle vier de doelstellingen afhankelijk van het type stort (de economische waarde van de afvalstroom op het moment dat aan LFM gedaan wordt). Het gewicht dat wordt toegekend aan het criterium volume is voor alle vier de doelstellingen afhankelijk van het type stort (de economische waarde van de afvalstroom op het moment dat aan LFM gedaan wordt).

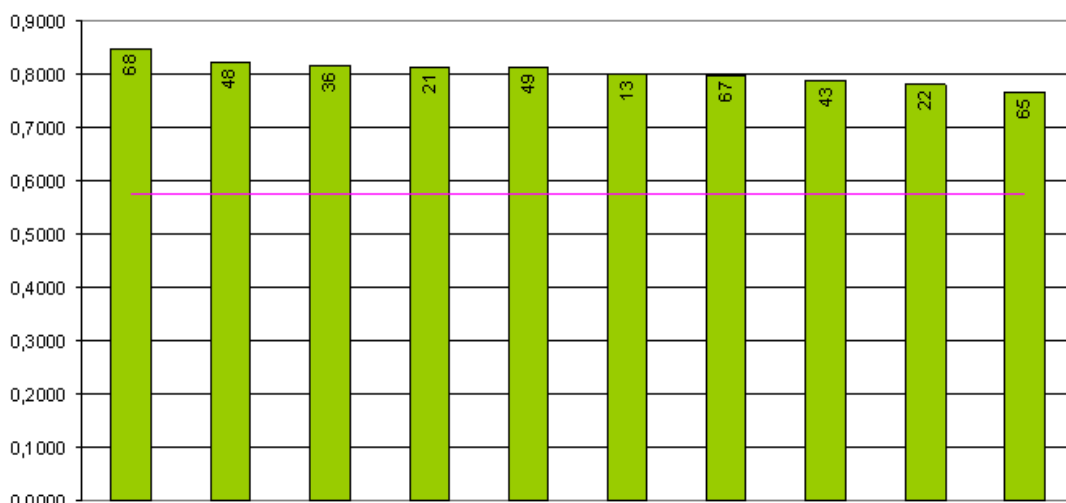
Figuur 19: Tabblad 'LFMinst'

De gewichtsfactoren maken dat een rangschikking voor milieuprioritering van de verschillende stortplaatsen bekomen kan worden op basis van de specifieke eigenschappen (zie tabblad 'input') van elke stortplaats. Deze gewichtsfactoren kunnen ten allen tijde aangepast worden. Voor een onderbouwing van de toegekende gewichtsfactoren wordt verwezen naar hoofdstuk 3.3 van voorliggend rapport.

3.8.7 Tabblad "samenvatting per doelstelling"

De knop 'inladen' in het tabblad 'samenvatting per doelstelling' laadt de data uit het tabblad 'input' voor de verschillende stortplaatsen in. Via de wegingsfactoren die in het tabblad 'LFMinst' worden bepaald, wordt voor elke stortplaats een potentieelwaarde berekend voor de vier verschillende doelstellingen. De stortplaatsen worden per doelstelling verticaal gerangschikt volgens afnemend potentieel voor die welbepaalde doelstelling. Hierbij dient opgemerkt te worden dat de stortplaatsen telkens vergeleken worden met een hypothetische stortplaats die de maximale score krijgt voor een bepaalde doelstelling. Zo wordt een **relatieve rangschikking** verkregen opdat de stortplaatsen met elkaar vergeleken kunnen worden. Een stortplaats die voor een bepaalde set aan stortplaatsen een hoog potentieel lijkt te hebben voor LFM, kan in vergelijking met een andere set aan stortplaatsen een laag potentieel hebben. De verkregen outputgegevens moeten steeds kritisch bekeken worden. Voor elke doelstelling worden de 10 stortplaatsen met het hoogste potentieel voor die welbepaalde doelstelling in een grafiek weergegeven. Tot slot worden in een vijfde grafiek de tien stortplaatsen met het grootste potentieel voor LFM weergegeven (zie Figuur 20: Voorbeeldgrafiek 10 stortplaatsen met grootst potentieel LFM).

Grafiek 5.Top 10 - D oelstellingen 1 t.e.m. 4



Figuur 20: Voorbeeldgrafiek 10 stortplaatsen met grootst potentieel LFM

3.8.8 Tabblad 'samenvatting per stort'

De knop 'laden stortplaatsen' in het tabblad 'samenvatting per stort' laadt de verschillende stortplaatsen in. In het selectievak kan de gewenste stortplaats gekozen worden (zie Figuur 21).



Figuur 21: Tabblad 'Samenvatting per doelstelling'

Voor de gekozen stortplaats wordt het aandeel van elk criterium in de berekening voor potentieelbepaling in een grafiek weergegeven. In een tweede grafiek wordt het potentieel van de gekozen stortplaats voor de vier verschillende doelstellingen grafisch weergegeven.

3.8.8.1 Resultaat rekentool

Bij wijze van voorbeeld wordt in deze paragraaf voor een willekeurig gekozen stortplaats het potentieel voor LFM nader bekeken door gebruik te maken van de rekentool. Voor deze illustratie werd de stortplaats met ELFM-nummer 32 gekozen.

Tabblad "input"

In het tabblad 'input' is terug te vinden dat deze stortplaats gelegen is ter hoogte van de Rupeldijk te Willebroek en bestaat uit 13 kadastrale percelen met een totale oppervlakte van 175.421 m². De stortplaats is een gemengde stortplaats die werd geëxploiteerd van 1942 tot 1977. Ter hoogte van de stortplaats werd in het verleden huishoudelijk afval, baggermateriaal en inert afval gestort. De stortplaats bevindt zich boven het maaiveld, maar de storthoogte werd niet

gespecificeerd in de POT-fiches. Bijgevolg wordt een arbitraire hoogte van 3 m+mv aangenomen om een inschatting te kunnen maken van het stortvolume. Het volume aan stortmateriaal bedraagt bijgevolg 526.263 m³. Deze stortplaats zou afgedekt zijn en deels begroeid met bos en deels braakliggend zijn. Op basis van de gegevens in de POT-fiches bevindt zich geen bebouwing ter hoogte van deze stortplaats. De bestemmingscodes 1504, 0901, 0800, 0701 en 0402 zijn volgens de GIS-datalagen van het gewestplan van toepassing voor deze stortplaats. De stortplaats is gelegen langs de berijdbare weg Rupeldijk en de bevaarbare waterloop de Rupel. De dichtstbijzijnde spoorweg bevindt zich op een afstand van 2.410 m. en de dichtstbijzijnde stortplaats in de omgeving is de stortplaats met AMB-dossiernummer 4138 op een afstand van 276 m.

Tabblad “LFMinst”

De berekende wegingsfactoren in dit tabblad voor de verschillende criteria en verschillende LFM doelstellingen worden verder gebruikt in de berekeningen voor milieuprioritering van de stortplaats.

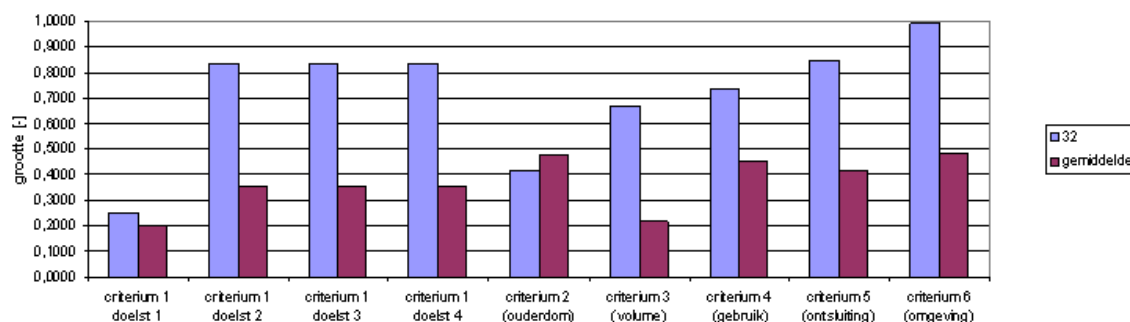
Tabblad “samenvatting per doelstelling”

In dit tabblad wordt de relatieve rangschikking voor alle stortplaatsen samen weergegeven. Stortplaats 32 komt voor de doelstelling Waste to Resource Management op de 2^e plaats voor, voor de doelstelling Waste to Land op de 9^e plaats, voor de doelstelling waste to Material op de 15^e plaats en voor de doelstelling Waste to Energy op de 43^e plaats van de 72 stortplaatsen. Globaal gezien, voor alle doelstellingen samen, bevindt stortplaats 32 zich in deze relatieve ranking op de 13^e plaats. De hoge rangschikking voor de doelstelling Waste to Resource Management is te verklaren door de bijzonder goede ontsluiting van de stortplaats en de omgeving van de stortplaats. De stortplaats is gelegen naast de bevaarbare waterweg de Rupel en naast de berijdbare weg Rupeldijk. Bovendien bevindt er zich in de omgeving van stortplaats 32, op een afstand van slechts 276 m, een andere stortplaats van hetzelfde type.

Tabblad “samenvatting per stort”

In grafiek 6 (zie Figuur 22) worden het aandeel voor elk van de zes criteria bij de berekening voor milieuprioritering van stortplaats 32 weergegeven, waarbij criterium 1 (type) werd opgesplitst voor de vier verschillende doelstellingen.

Grafiek 6. Potentieel van de stortplaats voor zes verschillende criteria

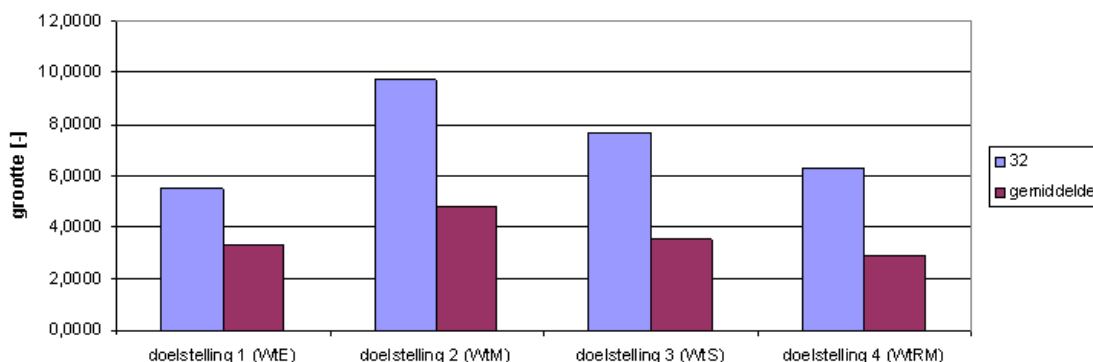


Figuur 22: Potentieel stortplaats 32 voor de verschillende criteria

Gezien het een gemengde stortplaats betreft van huishoudelijk afval, baggerspecie en inert afval, de stortplaats een volume heeft groter dan 500.000 m³, de stortplaats onbebouwd is, de stortplaats gelegen is in recreatiegebied, in de nabijheid van een berijdbare weg en een

bevaarbare waterweg, en er zich een stort van hetzelfde type relatief dicht in de omgeving van deze stortplaats bevindt, scoort stortplaats 32 voor alle criteria beter dan het gemiddelde van alle stortplaatsen samen, met uitzondering van het criterium ouderdom. Gezien de exploitatie van de stortplaats gestart is in 1947 (vóór 1950) en gezien er onder meer huishoudelijk afval gestort werd, wordt de stortplaats beperkter weerhouden voor LFM op basis van ouderdom gezien de relatief lage economische waarde voor LFM.

Grafiek 7. Potentieel van de stortplaats voor vier verschillende doelstellingen



Figuur 23: Potentieel stortplaats 32 voor de verschillende doelstellingen

In grafiek 7 (zie Figuur 23) wordt het potentieel van stortplaats 32 voor de verschillende doelstellingen vergeleken met het gemiddelde potentieel van alle stortplaatsen samen. Gezien stortplaats 32 een oude stortplaats betreft, scoort deze stortplaats relatief gezien ten opzichte van het gemiddelde voor alle stortplaatsen samen, lager voor het criterium Waste to Energy omwille van de lage te verwachte energie-recuperatie bij oude stortplaatsen. Voor de overige doelstellingen scoort stortplaats 32 relatief gezien goed met betrekking tot LFM potentieel omwille van de gunstige eigenschappen van deze stortplaats voor LFM.

4 Deelopdracht 2: Opzet Field Design

4.1 Opzet Field Design

4.1.1 Selectie van prioritair te onderzoeken stortplaatsen

O.b.v. de run van de uitgebreide LFM-database met het Flaminco-model kunnen volgende rangschikkingen in stortplaatsen verkregen worden:

- Een rangorde van stortplaatsen o.b.v. één van de vier sub-doelstellingen van LFM, zijnde WtE, WtM, WtL of RM;
- Een rangorde van stortplaatsen o.b.v. van het totaal potentieel LFM (momenteel berekend met gelijk aandeel (zijnde elk een gewicht van 0,25) van de vier subdoelstellingen)⁴
- Een rangorde van stortplaatsen o.b.v. relatieve potentiële saneringsnoodzaak (zie bespreking in hoofdstuk 5);
- Een rangorde van stortplaatsen gebaseerd op de combinatie van één van de vier subdoelstellingen van LFM en van het totaal potentieel LFM met saneringsnoodzaak en vice versa (zie bespreking in hoofdstuk 6).

Op basis van deze **verschillende lijsten met rangordes**, kunnen een aantal “prioritaire” stortplaatsen geselecteerd worden om een meer diepgaand onderzoek uit te voeren. Er kan eventueel geopteerd worden om storten die voldoen aan verschillende **ranking-criteria** te selecteren voor deze verdiepingsfase: bv.

- een stortplaats met een hoge ranking in potentieel voor LFM o.b.v. één van de vier doelstelling of een specifieke combinatie van de vier doelstellingen in totaal potentieel LFM;
- een stortplaats met een hoge ranking in potentiële saneringsnoodzaak;
- een stortplaats met een gecombineerde hoge ranking in potentieel LFM met saneringsnoodzaak.

Daarnaast kunnen de volgende **bijkomende criteria** meegenomen worden bij de afweging van de selectie:

- Is er reeds onderzoek gebeurd?
- Is de stortplaats nog in exploitatie? Is een VLAREM-conforme afwerking aanwezig?
- Ligging van de stortplaats in functie van bereikbaarheid, onderzoeksgemak, toegang terrein: onbebouwd, golfterrein, velden, bossen, ...

Daarnaast is het voor de OVAM die optreedt bij ambtshalve saneringen ook belangrijk om rekening te houden met de **mogelijke kans op vrijstelling** van de saneringsplicht⁵ en dient deze kans ook meegenomen te worden als selectie criterium. Voor de stortplaatsen die de OVAM ambtshalve kan onderzoeken en saneren, zijn er meer mogelijkheden om landfill mining en sanering uit te voeren aangezien er hier geen toestemming nodig is van eventuele eigenaars en exploitanten.

4 Deze “gelijke” bijdrage (zijnde elk 0,25) kan naar wens aangepast worden in het Flaminco-model waardoor uiteraard een aangepaste rangorde verkregen wordt.

5 Er is “**vrijstelling van saneringsplicht**” indien door de eigenaar/gebruiker van het terrein aan de volgende voorwaarden wordt voldaan:

- De eigenaar/gebruiker of zijn rechtsvoorganger heeft de verontreiniging niet zelf veroorzaakt.
- De verontreiniging is niet tot stand gekomen tijdens de periode dat de eigenaar/gebruiker of zijn rechtsvoorganger eigendoms- of gebruiksrechten op de grond had.

Is aan alle voorwaarden voldaan dan moet de eigenaar/gebruiker niet saneren en kan de OVAM deze plicht ambtshalve overnemen.

In een eerste stap dient een inventarisatie en interpretatie van cruciale **data** te gebeuren van beschikbare informatie van de stortplaatsen die bovenaan de verschillende rangorde-lijsten staan. Het is namelijk mogelijk dat een stortplaats een hoge ranking heeft, maar dat een aantal cruciale data (bv. in archieven, bodemonderzoeken, ...) ontbreken om een gefundeerde uitspraak te doen. In dit geval kan het wenselijk zijn om deze informatie op korte termijn te verzamelen en is het **ontbreken van deze informatie** eveneens een **selectie criterium**. Na het aanvullen van deze informatie dient de ranking opnieuw te worden berekend en dient de selectie van stortplaatsen tot field design eventueel te worden aangepast.

4.1.2 Opzet Fielddesign- project

Eénmaal de selectie van de stortplaatsen is doorgevoerd, kan voor elke gekozen stortplaats een fielddesign-project uitgevoerd worden.

Een fielddesign-project bestaat erin om de stortplaats (diepte, laterale uitbreiding, opbouw, inhoud, watergehalte, verontreiniginggraad, afwerking, aanwezigheid stortgassen, aanwezigheid asbest, radioactiviteit en gevaarlijke stoffen...) en omgeving in kaart te brengen (geologisch, hydrogeologisch...). Hierbij wordt aangegeven welke technieken zullen gebruikt worden (zie hoofdstuk onderzoekstechnieken: sleuven, geofysisch, innovatieve methoden...). Vervolgens wordt dit in de praktijk afgetoetst en indien noodzakelijk bijgesteld.

In onderstaand hoofdstuk wordt de fielddesign theoretisch en globaal uitgewerkt. Het effectief uitvoeren van de fielddesign maakt deel uit van een andere OVAM-opdracht. Naast de karakterisatie en inventarisatie van het stort, dient bij deze opdracht ook specifiek gekeken te worden naar het landfill mining-potentieel (WtE, WtM, WtL en Resource Management) en de verschillende blootstellingsrisico's.

Per stortplaats dient de fielddesign case per case opgesteld te worden afhankelijk van de verschillende doelstellingen per doelstelling (WtE, WtM, WtL, Resource Management en saneringsnoodzaak) die voor ogen worden gehouden.

4.1.3 Uitvoering Fielddesign- project

Bij het bespreken van de uitvoering van het fielddesign-project in dit hoofdstuk werd rekening gehouden met het in kaart brengen van het potentieel voor landfill mining én het in kaart brengen van de saneringsnoodzaak die uit zou kunnen gaan van een stortplaats. Indien het fielddesign enkel gericht is op bv. het in kaart brengen van het potentieel voor LFM (en niet deze voor saneringsnoodzaak), dan dient deze strategie uiteraard te worden aangepast.

Het fielddesign-project bestaat uit verschillende fasen:

- voorstudie;
- terreinbezoek en opzet onderzoeksstrategie en conceptueel site model;
- uitvoering veldwerk en uitvoeren analysecampagne;
- interpretatie resultaten en rapportage.
- Deze fasen zijn in deze paragraaf op basis van een theoretische benadering beschreven.

Voorstudie

De eerste stap van dit gedetailleerd onderzoek betreft het uitvoeren van een grondige voorstudie.

Er dient in deze stap zoveel mogelijk gedetailleerde informatie verzameld te worden. Na screening van de reeds aanwezige informatie moet de mogelijk ontbrekende informatie om tot een grondige inschatting van de karakterisatie van de stortplaats, het bepalen van het potentieel voor landfill mining en het bepalen van de saneringsnoodzaak te kunnen overgaan, worden

opgeëlijst. Deze bijkomende informatie dient dan ingewonnen te worden, grotendeels via het uitvoeren van veldwerk.

Voor een overzicht van de informatie die nagekeken dient te worden, wordt eveneens verwezen naar de tabellen in hoofdstuk 2.7 ("Uitgebreide voorstudie voor stortplaatsen") van de Standaardprocedure Oriënterend Bodemonderzoek van de OVAM, oktober 2011. Daarnaast dient specifieke informatie te worden ingewonnen ter bepaling van de overige doelstellingen (o.a. potentieel LFM) van de studie.

Op basis van de informatie die wordt ingewonnen in de voorstudie, kan reeds een eerste opzet voor een Conceptueel Site Model (Bron-pad-receptor-model voor de actuele en potentiële (toekomstige) situatie) van de stortplaats en de omgeving worden opgesteld. Aan de hand van dit Conceptueel Site Model kan de informatie die nodig is en de informatie die beschikbaar is ingevuld worden. Deze oplijsting van informatie is de basis om in de vervolgstappen van het verloop van het stortplaatsonderzoek de informatie die nog niet beschikbaar is om te zetten in een onderzoeksstrategie.

In de mate van het mogelijke dient bij de inventarisatie van de informatie in de voorstudie rekening te worden gehouden met de betrouwbaarheid van gegevens (ouderdom gegevens, gebruikte technieken, ...). De juistheid van bepaalde gegevens kan in een latere fase van het onderzoek worden nagegaan middels het uitvoeren van een terreinbezoek, en van metingen en analyses op het terrein, bv. controle van data (uit POT-fiches, uit GIS-datalagen) die nu in het Flaminco-model gebruikt werden.

Terreinbezoek en opzet onderzoeksstrategie

Na het verzamelen van de nodige informatie in de voorstudie dient een onderzoeksstrategie te worden opgesteld die de cruciale ontbrekende informatie invult en die een aantal cruciale data controleert op juistheid.

Voorafgaand aan het effectief opstellen van de onderzoeksstrategie, wordt een uitgebreid terreinbezoek uitgevoerd.

Tijdens dit terreinbezoek wordt, naast de algemene globale kenmerken van het terrein en zijn omgeving die uitgebreid zullen geïllustreerd worden met foto's, nagegaan welke mogelijkheden er zijn voor het toepassen van klassieke en alternatieve onderzoekstechnieken, welke belemmeringen er zijn qua toepasbaarheid voor deze technieken, wat de veiligheidsomstandigheden zijn voor het uitvoeren van het veldwerk (o.a. qua aanwezigheid stortgas, toegankelijkheid voor verschillende types van machines, ...).

Aan de hand van de gegevens van het terreinbezoek wordt het Conceptueel Site Model getoetst, en eventueel aangepast, en worden bijkomende hiaten opgeëlijst.

Het opzetten van een onderzoeksstrategie voor een stortplaats vergt maatwerk en vereist een case-by-case aanpak. Iedere stortplaats is dusdanig uniek, dat als uitgangspunt geldt dat per locatie een specifieke onderzoeksstrategie dient uitgewerkt te worden.

Hieronder wordt een algemeen overzicht gegeven welke kenmerken en belangrijkste aspecten van een bepaalde stortplaats dienen onderzocht te worden in functie van de te bereiken onderzoeksdoelstelling. In de onderstaande tekst wordt beschreven welke technieken hiervoor gehanteerd kunnen worden. In hoofdstuk 8 van dit rapport wordt dieper ingegaan op het gebruik van alternatieve onderzoekstechnieken op stortplaatsen.

Doelstelling	Type stort- materiaal (aard en samenstelling)	Omvang horizontaal en verticaal	Verontreiniging grond/ grond- water	Invloed op receptoren	stort- gas bepaling
Algemene karakterisatie	+	+	+	+	
VMtE	+	+			+
WtM	+	+			
WtL	(+)	+		+	+
RM	+	(+)			
Sanerings- noodzaak	+	+	+	+	+
Hiaten, barrières			+	+	+

Tabel 10: Te onderzoeken aspecten in functie van doelstelling in het kader van de onderzoeksstrategie veldwerk

Type stortmateriaal: Aard en samenstelling van het materiaal in de stortplaats

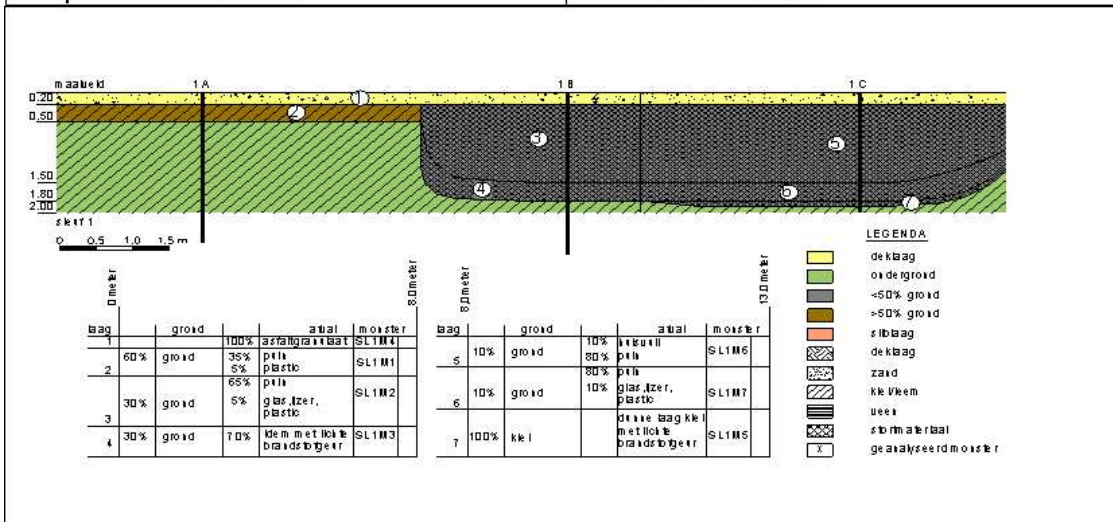
Voor het bepalen van de aard van het materiaal in de stortplaats kunnen verschillende technieken (al dan niet gecombineerd) uitgevoerd worden, o.a.:

- **Klassieke technieken:** sleuven graven (zie Figuur 24). Tijdens het graven van de sleuven inspecteert de deskundige veldwerker wat de samenstelling is van de stortmateriaal. Hiervoor dient hij in een inspectieformulier in te vullen en foto's te nemen van het stortmateriaal;
- Uit de praktijk blijkt dat graven van sleuven lastig is wanneer het stortmateriaal beneden de grondwaterstand voorkomt. Een optie is hiervoor het toepassen van sonderingen (CPT) (indien mogelijk o.b.v. de ondergrond en inhoud van de stortplaats).
- **Alternatieve technieken:** geofysische technieken (metaaldetectoren, grondradar, magnetometer,...);
- **Zeefproeven en scheidingsproeven:** om een inschatting te kunnen maken van grootte van elementen in verband met verwerking kunnen **zeefproeven en scheidingsproeven** alsnog nuttig zijn.

Voor een volledig overzicht van de alternatieve innovatieve onderzoekstechnieken wordt verwezen naar hoofdstuk 8 van dit rapport.

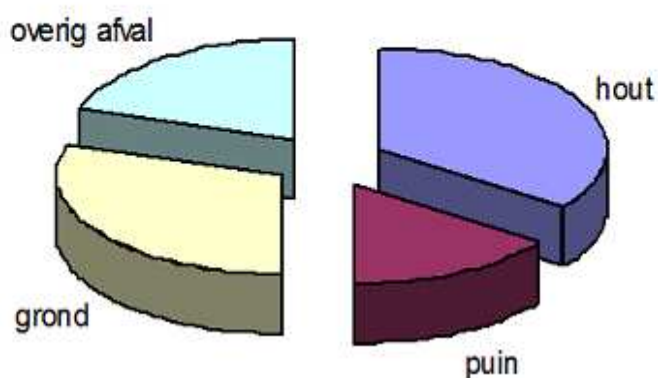
Belangrijke parameters bij het bepalen van de aard van het materiaal zijn:

- samenstelling (inschatting aandeel verschillende fracties);
- watergehalte;
- asbest;
- ...



Figuur 24: Dwarsdoorsnede proefsleuf stortplaatsonderzoek

gemiddelde samenstelling stormateriaal



Figuur 25: Grafische weergave verdeling materialen in stormateriaal (o.b.v. Volumes)

Omvangbepaling (horizontaal en verticaal)

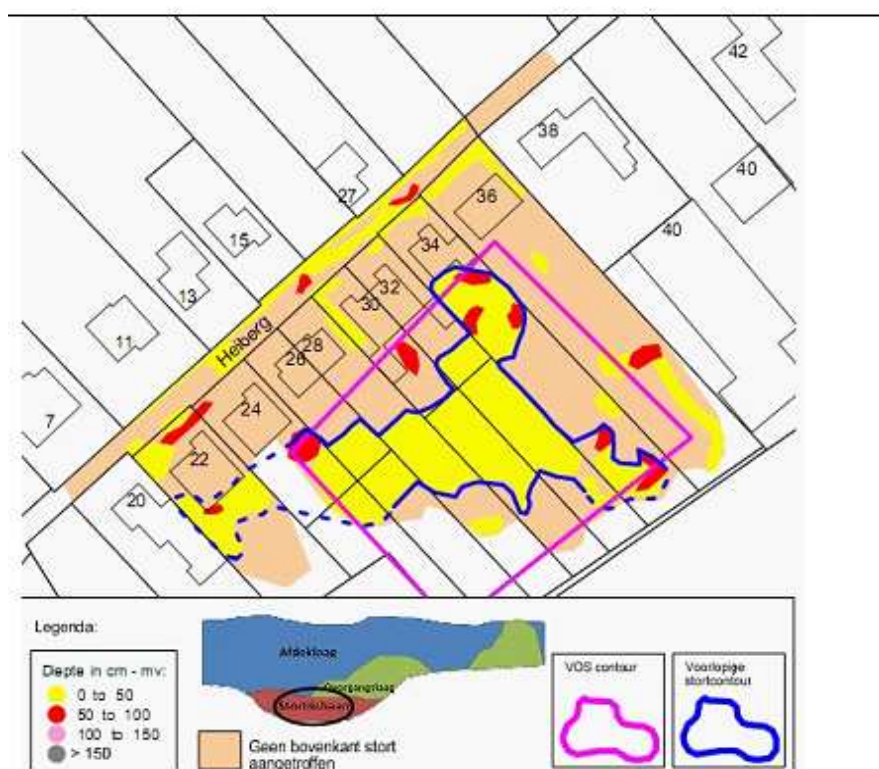
Voor het bepalen van de **locatie en de omvang** van het stort kunnen volgende technieken en werkzaamheden (al dan niet gecombineerd) gehanteerd worden:

- **Deskstudie (onderdeel van voorstudie):** informatie uit POT-fiches, (historische) luchtfoto's (normaal of infra rood), buurtonderzoek, remote sensing, ...

- **Klassieke onderzoekstechnieken:** afprikken met prikstok, boringen met edelmanboor, sleuven maken m.b.v. graafmachine, ...:
- **Alternatieve onderzoekstechnieken:** inzet geofysische technieken (bv. grondradar, elektromagnetisme, consolitest, etc.)

Voor de omvangbepaling van een stortplaats waarvan op basis van de beschikbare informatie niet precies geweten is waar zich de belangrijkste stortzones bevinden, kan o.b.v. alternatieve onderzoekstechnieken een globale **screening** van de hele zone gebeuren zodat de belangrijkste zones in kaart gebracht kunnen worden. Daarna kunnen er **gericht** boringen en peilputten geplaatst worden. Op deze manier kan, met het **slim combineren van alternatieve onderzoekstechnieken en een klassieke campagne**, tijd en budget zo efficiënt en effectief mogelijk ingezet worden.

Onderstaande Figuur 26 geeft als **voorbeeld** de contouren weer van een stortplaats in de provincie Limburg (NL) (bron **Medusa**). Met behulp van **grondradar** is informatie verzameld over de dikte van de afdeklaag en zijn de contouren van de stortlocaties nauwkeurig bepaald, ook van zones waar in eerste instantie o.b.v. de voorstudie geen stortmateriaal werd verwacht. Aansluitend kan door de **boringen op strategische plaatsen** te zetten, een completer beeld van het stort en de risico's gegeven worden. Op deze manier werden **kosten en tijd bespaard** en werd een **gebiedsdekkend beeld** van de verontreinigingssituatie van de stortplaats verkregen.



Figuur 26: Onderzoek stortplaats provincie Limburg - NL (Medusa)

Het eventuele gebruik van alternatieve onderzoekstechnieken bij het stortplaatsonderzoek dient steeds voorafgaand uitgebreid gemotiveerd en besproken te worden met de OVAM.

Bodemverontreiniging grond/grondwater en mogelijke invloed op receptoren

De strategie in het kader van bodemverontreiniging dient zich, naast de globale inventarisatie van de verontreinigingstoestand van de bodem, te richten op het **in kaart brengen van de**

saneringsnoodzaak, en dus mogelijke risico's t.g.v. de stort-activiteiten (die als "potentiële" risico's uit de screening via de rekentool LFM naar voren kwamen): en dit zowel vanuit de bron (de stortplaats) als vanuit de receptor beschouwd. Hierbij dient rekening te worden gehouden met de beschikbaarheid en betrouwbaarheid van de informatie, ingewonnen in de voorstudie en het terreinbezoek.

Voor het bepalen van de **verontreiniging in het grond/grondwater** ter plaatse van het stort kunnen volgende technieken en werkzaamheden (al dan niet gecombineerd) gehanteerd worden:

- **Klassieke onderzoekstechnieken:** manuele boringen, sleuven maken m.b.v. graafmachine, machinale boringen, etc.;
- **Sonderingen:** MIP, ROST, etc.;
- **Analyses:** standaardanalysepakketten of screeningspakketten (TerrAttesT®, GC-MS screening, etc.);
- **Niet-destructieve meettechnieken:** grondradar, elektromagnetisme, XRF-metingen, etc.

Om de verontreinigingssituatie ter plaatse van een stortplaats te bepalen, kan o.b.v. niet-destructieve meettechnieken en analysepakketten, zoals TerrAttesT®, een globale **screening** van de hele zone gebeuren zodat de belangrijkste zones in kaart gebracht kunnen worden. Daarna kunnen er **gericht** boringen en peilputten geplaatst worden. Op deze manier kan, met het **slim combineren van alternatieve onderzoekstechnieken en een klassieke campagne**, tijd en budget zo efficiënt en effectief mogelijk ingezet worden.

Stortgasmetingen

Zowel inzake veiligheid en gerelateerde risico's (stortgas kan bij ontgraving vrijkomen en voor emissie naar de lucht zorgen) als om het potentieel na te gaan van de stortplaats met betrekking tot energie, kunnen stortgasmetingen uitgevoerd worden. De stortgasmetingen geven ook een indicatie in welk stadium het stort zich bevindt wat informatie geeft over de geschiktheid voor energiewinning (WtE).

Het totale potentieel aan stortgas kan ingeschat worden aan de hand van onderstaande formule die werd afgeleid van het *U.S. EPA's Landfill Gas Emissions Model (LandGEM)*.

$$Q_{LFG} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=0.1}^1 2kL_0 \left[\frac{M_i}{10} \right] (e^{-kt_{ij}}) (MCF) (F)$$

met	Q_{LFG}	= maximaal te verwachten stortgas productiedebiet (m ³ /jaar);
	i	= toename met 1 jaar;
	n	= jaar van de berekening - beginjaar aanvaarding afvalstoffen;
	j	= toename met 0,1 jaar;
	k	= snelheid methaanproductie (1/jaar);
	L_0	= potentiële methaanproductie capaciteit (m ³ /Mg);
	M_i	= massa van het vast afval afgevoerd in jaar i (Mg);
	t_{ij}	= jaar i waarop het deel j van M_i afgevoerd werd (decimaal jaar);
	MCF	= correctiefactor methaan;
	F	= correctiefactor vuur.



Figuur 27: Stortgasmeting

Bovenstaande vergelijking geeft de stortgasproductie weer in een bepaald jaar voor afval dat in dat jaar cumulatief gestort werd, en kan over meerdere jaren toegepast worden. Naast deze theoretische bepaling van stortgasproductie, kunnen ook metingen op het terrein uitgevoerd worden. Met behulp van een 'landfill analyzer' (type Geotechnical Instruments GA94, zie foto 3) worden bodemluchtmetingen (diepte variërend) uitgevoerd. Hierbij worden het volumepercentage methaan, kooldioxide en zuurstof en aromaten (in ppm) gemeten. Aansluitend kan ook een PID-meter gebruikt worden voor overige componenten.

Tijdens het graven van een stort kan een geur waargenomen worden, welke is omschreven als een kenmerkende 'stortgeur'. Om geurhinder in kaart te brengen wordt een geuronderzoek verricht. Dit kan interessant zijn wanneer de stortplaats in een woonomgeving is gelegen en de geurhinder als een "barrière" (mogelijk protest vanuit de bewoners) voor LFM kan gezien worden.

Calorische waarde

In het kader van WtE zijn naast het volume stortgas ook het calorisch gehalte van het stortmateriaal belangrijk. Voor het bepalen van het calorisch gehalte van het stortmateriaal wordt in de eerste plaats gekeken naar waarden in de literatuur.

De calorische waarde is enkel relevant als het betreffende materiaal als brandstof wordt gebruikt. In een WtE installatie (een afvalverbrandingsinstallatie) wordt veelal gewerkt met bandbreedtes (b.v. van 9.000 tot 13.000 kJ/kg), terwijl een houtgestookte installatie uitgaan van een calorische waarde van rond 18.000 kJ/kg.

Als het materiaal redelijk in de bandbreedte van een installatie valt, zal er niet veel behoefte zijn aan veel analyses (verbrandingsoven bepalen dit ook tijdens het verbrandingsproces). Als het materiaal sterk fluctueert in calorische waarde en regelmatig buiten de gestelde bandbreedtes komt, is meer analyse noodzakelijk. Dit om problemen van acceptatie bij de verbrandingsinstallatie te voorkomen.

Bij toepassing in industriële installaties dient de samenstelling redelijk constant te zijn. Uiteraard hebben zaken als vochtgehalte, aandeel brandbaar afval en soort afval (b.v. gft-afval of folie) invloed op de calorische waarde.

De calorische waarde kan geschat worden aan de hand van **sorteeranalyses** en de daarbij afgescheiden materialen te koppelen aan standaard calorische waarden van dergelijke materialen. Deze benadering is evenwel alleen mogelijk bij afval van voldoende stukgrootte. Bij fijner afval is dit niet meer mogelijk. Een andere methode is de calorische waarde te bepalen met een **BOM-calorimeter**. Bij deze methode moet het afval voldoende klein zijn, zodat de voorbehandeling van het afval een cruciale rol speelt.

In beide gevallen is de bemonstering en de monstervoorbehandeling cruciaal om een representatief resultaat te kunnen genereren.

4.1.4 Uitvoering veldwerk

Screening van de ondergrond

De veldwerk- en analysecampagne wordt gefaseerd uitgevoerd. Vooreerst vindt een globale screening van het terrein plaats. De screening kan uitgevoerd worden volgens een rasterpatroon waarbij klassieke onderzoekstechnieken, zoals het maken van sleuven, worden gecombineerd met alternatieve onderzoekstechnieken, zoals het gebruik van een grondradar, zodanig dat afhankelijk van het beoogde resultaat steeds de meest kostenefficiënte en tijdsefficiënte techniek wordt gekozen. Alternatieve onderzoekstechnieken worden wel steeds geverifieerd met klassiek onderzoek. De bepaling van de grootte van het raster wordt uitgevoerd volgens bemonsteringsstrategie 1 uit de standaardprocedure voor oriënterend bodemonderzoek. Uit deze eerste veldwerkcampagne moet duidelijk worden wat de **aard en samenstelling** van het stortmateriaal ter hoogte van de onderzoekslocatie is en wat de **omvang** van het gestort materiaal is. Deze eerste screening van de ondergrond zal ook een duidelijk beeld verschaffen van de locaties waar in een volgende veldwerkfase boringen en peilbuizen geplaatst kunnen worden. Dit om te verhinderen dat er dwars door een dense laag stortmateriaal zou geboord worden.

Risico's ondergrond ten gevolge van stortactiviteiten

Ter bepaling van de **bodemverontreiniging** dienen grondstalen genomen te worden voor analyse. Op basis van de bodemopbouw, de eigenschappen van de verdachte stoffen en de kenmerken van de potentiële verontreinigingsbron, wordt de diepte van monsternamen bepaald. De bemonstering gebeurt tot minstens 0,5 m onder de verdachte bodemlaag. Als er antropogene verstoringen voorkomen ter hoogte van de potentiële verontreinigingsbron, worden de boringen geplaatst tot 0,5 m onder deze verstoring.

Bedreiging receptoren grondwater en oppervlaktewater

Ter bepaling van de **grondwaterverontreiniging** wordt in deze eerste fase een inschatting gemaakt worden van de grondwaterstromingsrichting, zodat peilbuizen voornamelijk stroomafwaarts geplaatst kunnen worden. De grondwaterstromingsrichting wordt bepaald aan de hand van gegevens uit bestaande onderzoeken. Indien nodig, worden eerst enkele peilbuizen geplaatst ter bepaling van de grondwaterstromingsrichting. Het grondwater wordt bemonsterd door middel van peilbuizen. De filters worden geplaatst in de verzadigde zone, tenzij de mogelijk verontreinigende stoffen de neiging hebben om een drijfslag te vormen. Bovendien zullen enkele peilbuizen geplaatst worden met een filterstelling die zich onder de verdachte bodemlaag bevindt om uitloging uit de verdachte bodemlaag na te gaan. Indien er **oppervlaktewater** zoals grachten en vijvers voorkomt op de site of een grondwaterwinning bedreigd wordt, wordt ook hier een representatieve staalname uitgevoerd worden.

Verdachte zones en gevoelige locaties

Indien verdachte zones naar voren kwamen tijdens de uitvoering van het historisch onderzoek, worden deze nader onderzocht worden ter bepaling van de **saneringsnoodzaak**. Bovendien wordt getracht onderzoek toe te spitsen op gevoelige locaties waarvan een hoog

blootstellingsrisico uitgaat zoals tuinen en groentetuinen, speelterreinen, parken, akkers, etc. Per onderzochte locatie wordt steeds ook een staal van de toplaag genomen. Naast de staalname van de toplaag, wordt getracht stalen te nemen van de meest verdachte bodemlagen. Indien er zones met potentiële verontreinigingsbronnen werden gelokaliseerd, zullen de verdachte parameters per zone worden bepaald (bijvoorbeeld cyanides, PCB, EOX, VOC's, of andere verdachte parameters die tijdens de voorstudie naar voren komen). In zones waar er weinig tot geen informatie voorhanden is m.b.t. verdachte parameters, is het aangewezen om een aantal uitgebreide screeningtesten te voorzien (bv. GC-MS, TerrAttesT®, XRF,...). Bovendien wordt per stortplaats een uitloogproef uitgevoerd op een staal van de verdachte bodemlaag. Kennis van het uitlooggedrag van de verdachte bodemlaag is essentieel om het eventuele verspreidingsrisico te kunnen bepalen.

Stortgasmetingen

Op basis van de voorstudie wordt bepaald of **stortgasmetingen** relevant zijn. Zowel inzake veiligheid voor mens en milieu tijdens het veldwerk, als om het potentieel na te gaan van de stortplaats met betrekking tot energie kunnen stortgasmetingen uitgevoerd worden.

Analyses

De bodemstalen worden geanalyseerd op de parameters van het Standaardanalysepakket (SAP) en de eventuele verdachte parameters voor de zone. Tevens is het aangewezen om ook een aantal uitgebreide screeningpakketten (GC-MS, TerrAttesT®,...) uit te voeren. Ook de stalen genomen van de toplaag worden geanalyseerd op het SAP aangevuld met de eventuele verdachte parameters en, indien relevant, een uitgebreidere screening. Per peilbuis wordt één grondwaterstaal geanalyseerd op de parameters van het Standaardanalysepakket (SAP) en de eventuele verdachte parameters voor de zone. Ook de stalen van het oppervlaktewater worden geanalyseerd op het SAP, aangevuld met de eventuele verdachte parameters. Het eluaat van de uitloogproef op het staal van de verdachte bodemlaag wordt geanalyseerd op het Standaardanalysepakket en op het drinkwateranalysepakket (ionen).

De locatie van de uitgevoerde boringen en staalnames wordt vastgelegd met een dGPS, waarvan de coördinaten worden weergegeven in een Geografisch Informatiesysteem. Bovendien wordt een uitgebreide fotoreportage gemaakt van het uitgevoerde veldwerk. Het veldwerk en de analyses worden uitgevoerd conform de geldende standaardprocedures van OVAM en het Compendium voor Monsternames en Analyses (CMA).

Gezien iedere stortplaats dusdanig uniek is, wordt per stortplaats een locatiespecifieke onderzoeksstrategie uitgewerkt.

Verdiepende campagne

Na de eerste fase in de veld- en analysecampagne wordt nagegaan in hoeverre het type stortmateriaal, de omvang van de stortplaats, de verontreinigingen in grond- en grondwater, de invloed van receptoren en eventueel de aanwezigheid van stortgas bepaald zijn, en wordt opgesteld welke eventuele hiaten in de kennis overblijven en in hoeverre bijkomend veldwerk en analyses noodzakelijk zijn ter bepaling van de mogelijkheden van de stortplaats voor landfill mining (bv. door het trekken van sleuven, inventariseren van verschillende types (en hun aandeel) van stortmateriaal).

Veiligheid

Tevens dient bij de voorbereiding van het veldwerk de nodige aandacht te gaan naar veiligheidsaspecten. Vooraleer de veld- en analysecampagne van start kan gaan, dient op basis van de voorstudie een veiligheidsdocument te worden opgesteld, waarin de mogelijke risico's voor mens en milieu tijdens de uitvoering van het veldwerk worden opgesteld. Indien bijvoorbeeld uit de voorstudie blijkt dat er mogelijk asbest aanwezig is ter hoogte van de stortplaats, dient dit

in het veiligheidsdocument te worden opgenomen en dienen de noodzakelijk maatregelen zoals het besproeien van asbesthoudend materiaal of het dragen van de gepaste lichaamsbescherming tijdens de uitvoering van het veldwerk te worden genomen. Ook voor bijvoorbeeld de aanwezigheid van radioactief afval, de mogelijke vrijstelling van stortgas of gevaar voor brand bij flushing tijdens het veldwerk dienen de risico's te worden ingeschat aan de hand van het veiligheidsdocument, zodat de noodzakelijk te nemen maatregelen voor de uitvoering van het veldwerk duidelijk zijn. In dit veiligheidsdocument wordt ook de controle van aanwezige nutsleidingen opgenomen.

Interpretatie resultaten en rapportage

Op basis van de resultaten verzameld tijdens de voorstudie, het terreinbezoek en de veld- en analysecampagnes worden de volgende doelstellingen van het fielddesign-project beantwoord:

- De bepaling of de stortplaats **potentieel** heeft voor **LFM** o.b.v.
 - **WtM**: zijn er qua samenstelling van het materiaal en de omvang mogelijkheden om het stortmateriaal te ontginnen? Wat zijn de eventuele belemmeringen? De verschillende materialen die aanwezig zijn in de stortplaats worden in percentages uitgedrukt en gevisualiseerd in een taartdiagram;
 - **WtE**: is er potentieel om energie te winnen op deze stortplaats of vanuit het gestorte materiaal van deze stortplaats? Wat zijn de eventuele knelpunten? In de mate van het mogelijke wordt dit ook gekwantificeerd via speciale spreadsheets om potentie van stortgas productie en energetische waarde van het stortmateriaal te berekenen.
 - **WtL**: zijn er mogelijkheden om de stortplaats opnieuw te gebruiken binnen een andere vorm van terreingebruik, vb. industrieterrein, recreatie, natuur? Wat zijn de eventuele barrières?
 - **RM**: zou deze stortplaats eventueel kunnen fungeren binnen een op- en overslagsysteem van afval en materialen? Wat zijn de sterke kanten en wat zijn de zwakke kanten?
 - Is er een **combinatie** van één van de doelstellingen mogelijk of aangewezen? Of net niet?
- Bepaling van de **saneringsnoodzaak**: Zijn er risico's t.g.v. de aanwezigheid van stortmateriaal, nu bij het actuele gebruik of in de toekomst? Zo ja, welke maatregelen dienen dan genomen te worden en hoe urgent zijn deze maatregelen. Hoe zit het met de combinatie saneringsnoodzaak en potentieel voor landfill mining? Wat zijn kansen en wat zijn barrières?
- Daarnaast worden alle verzamelde gegevens **ingevoerd** in de LFM-databank van de OVAM voor stortplaatsen en wordt een oplistings gemaakt van de mogelijke **hiaten**
- Verder kunnen eventueel de **vrijstellingsvoorwaarden** voor onschuldig bezit nagegaan worden, en dit zowel voor de eigenaars als voor eventuele gebruikers en/of exploitanten. In geval van onschuldig bezit kan de OVAM ambtshalve optreden in de plaats van de saneringsplichtige, wat meer mogelijkheden geeft voor de sanering en mogelijke LFM-gerelateerde activiteiten.

Tot slot kunnen de onderzoeksgegevens van de verschillende stortplaatsen ingevuld worden in de LFM-database en het Flaminco-model.

5 Deelopdracht 3: Screening saneringsnoodzaak

Een deel van de stortplaatsen in Vlaanderen is nog niet onderzocht in het kader van het bodemdecreet. Op een aantal stortplaatsen is het onderzoekstraject na het uitvoeren van het OBO of tijdens het BBO stilgevallen. Voor beide gevallen werd een methodiek ter bepaling van de saneringsnoodzaak t.g.v. de aanwezige verontreiniging opgesteld. De screening van de saneringsnoodzaak gebeurt op een **stapsgewijze en kostenefficiënte manier**, zodanig dat er naderhand een **prioritering o.b.v. saneringsnoodzaak** kan gebeuren.

De methodiek gaat op een **eenvoudige en eenduidige manier** de saneringsnoodzaak voor stortplaatsen na en dit op basis van **informatie die gemakkelijk te verkrijgen en eenduidig te interpreteren** is.

5.1 Conceptueel site Model stortplaats

Voor het opstellen van de methodiek wordt vertrokken van het Conceptueel Site Model van een standaard stortplaats.

Voor een historische verontreiniging is de aanleiding tot sanering risicogebaseerd. Volgend algemeen Conceptueel Site Model wordt voor een stortplaats vooropgesteld: Voor het bepalen van de saneringsnoodzaak uitgaande van het Conceptueel Site Model van een stortplaats wordt een **getrapte methodiek** voorgesteld:

Bron	PAD: transportroute(*)	PAD: blootstelling	Receptor	
Stortmateriaal	Uitdamping vanuit stortmateriaal en via gasvorming	Inhalatie van buitenlucht	Werknemers (exploitatie) Omliggende bewoners/werknemers/recreanten	
	Verspreiding via verwaaiing	Direct contact (ingestie, inhalatie, dermaal contact) van grond en/of stof	Omliggende bewoners/werknemers/recreanten	
		Consumptie van gewassen, zuivel vlees	Omliggende bewoners/landbouw	
		Aantasting ecosystemen	Ecosystemen in de omgeving	
	Uitloging en verspreiding naar en met het grondwater			Omliggende bewoners/landbouw
				Oppervlaktewater
			Waterwinningen: gebruikers van verontreinigd putwater	
		Drinkwaterwinningen en		

			beschermingszones in de omgeving
			Grondwatergerelateerde ecosystemen in de omgeving

Tabel 11: 1 Conceptueel Site Model gemiddelde stortplaats

(*) direct contact van het stortmateriaal zelf met de receptor "mens" wordt niet relevant geacht aangezien er aangenomen wordt dat er minstens een leeflaag aanwezig zal zijn. Indien dit scenario zich toch voordoet, moet dit uiteraard eveneens mee in beschouwing genomen worden.

Er dient met name een systematiek te worden opgesteld om op een kostenefficiënte manier:

- Op basis van globale criteria de potentiële saneringsnoodzaak in te schatten (stap 1).
- Een prioriteit binnen de lijst met stortplaatsen aan deze potentieelbepaling te koppelen (stap 1).
- Een verdere gedetailleerde evaluatie van de saneringsnoodzaak en de noodzaak tot het uitvoeren van bodemsaneringswerken te bepalen (stap 2 en 3).

5.2 Stap 1: Prioritering saneringsnoodzaak o.b.v. algemene karakteristieken stortplaats en omgeving

In een eerste stap worden de mogelijke risico's die uitgaan van een stortplaats globaal ingeschat op basis van een aantal gemakkelijk op te zoeken basis-criteria die

- zowel een inschatting van de mogelijke impact van de **bron**;
 - als van een inschatting van de impact op de **receptoren**
- kwalitatief en kwantitatief weergeven. Criteria voor globale evaluatie potentiële saneringsnoodzaak.

Aangezien de saneringsnoodzaak bepaald wordt door:

- zowel de mogelijke impact die van de **bron** (zijnde de stortplaats) uitgaat;
- als van de aanwezigheid en kwetsbaarheid van de omliggende **receptoren**;
- dienen zowel voor de bron als voor de receptoren criteria te worden bepaald die deze mogelijke impact in kaart brengen.

In eerste instantie wordt een opsomming gemaakt van mogelijke criteria die deze bron of receptor karakteriseren (zie 5.2.1); in tweede instantie wordt een selectie van deze criteria gemaakt (zie 5.2.2).

In de risicobeoordeling voor verontreiniging t.g.v. een aanwezige stortplaats dient de **bron** te worden gekarakteriseerd o.b.v. de volgende parameters:

- Type, omvang, ouderdom van het stortmateriaal (ook na te gaan op (historische) luchtfoto's);
- (Eventuele) vergunning stortplaats;
- Historiek stortplaats (bv. evolutie of wijzigingen in stortmateriaal, ...);
- Ligging stortmateriaal t.o.v. de natuurlijke grondwatertafel;
- Aanwezigheid hangwater;
- Afwerking (of voorziene afwerking) stortplaats: aanwezigheid onder- en laterale afdichting, kleilagen, bovenafdichting, aanwezigheid en dikte afdeklaag (met folie), opvang percolaat, opvang stortgassen,...;
- Beschikbaarheid van monitoringsgegevens: omliggend grondwater, percolaatwater, stortgas,...;

- Beschikbaarheid andere gegevens van (bodem)onderzoeken op terrein of in de omgeving (o.a. op basis van OVAM-databank) inzake bodem, stortmateriaal, grondwater, ...
- ...
- Verder dient de mogelijke impact op de volgende **receptoren** te worden geëvalueerd:
- De mens: afhankelijk van het bestemmingstype (huidig en toekomstig) en het effectieve terreingebruik van het terrein en de omgeving: woongebied, recreatiegebied, landbouwgebied (voeding);
- Ecosystemen: afhankelijk van het bestemmingstype (huidig en toekomstig) en de ligging binnen bepaalde “kwetsbare” natuurgebieden (NATURA2000, Habitat, VEN/IVON,...) van het terrein en de omgeving;
- Grondwater: omliggende en onderliggende pakketten: geologie en hydrogeologie
- Oppervlaktewater in de omgeving;
- Waterwinningen (+ diepte, + gebruik) in de omgeving;
- Drinkwaterwinningbeschermingszones in de omgeving;
- Ligging t.o.v. Overstromingszones;
- ...

Uit de bovenstaande lijst met parameters dienen de **meest relevante criteria te worden geselecteerd** om in stap 1 de globale potentiële saneringsnoodzaak uitgaande van de stortplaats te bepalen. Op basis van deze geselecteerde criteria dient een beeld te worden gevormd van de verschillende types van risico's die van een stortplaats kunnen uitgaan.

5.2.1 Geselecteerde criteria voor prioritering

Voor de selectie van de criteria werd rekening gehouden met de randvoorwaarden dat deze eenvoudig en werkbaar moeten zijn op basis van relatief gemakkelijk te verkrijgen informatie, maar ook in die mate volledig moeten zijn dat alle mogelijke risico's aan bod komen.

Met deze criteria werd een rekentool (zie 5.2.3) met een score-systeem opgesteld op basis waarvan een prioritering van de stortplaatsen qua saneringsnoodzaak berekend wordt. De geselecteerde criteria worden in de onderstaande tabel weergegeven⁶, evenals vanuit welke informatie het criterium is vertaald in de rekentool:

1 Karakterisatie /inventarisatie van de mogelijke verontreinigingsbron:

Parameter	Omschrijving	Vertaling voor informatie rekentool (databank)
1. Type stortmateriaal	Met welk materiaal is de stortplaats opgevuld	Uit de POT-fiche van de betreffende stortplaats
2. Ouderdom stort	In welke tijdsperiode werd de stortplaats uitgebaat	Uit de POT-fiche van de betreffende stortplaats
3. Omvang stort	Wat is de oppervlakte van het kadastrale perceel waarop de stortplaats zich bevindt	Uit kadastragegevens in GIS
Afwerking stortplaats	Ligging in kleiput / conform Vlarem en afgewerkt / conform Vlarem en in exploitatie / gedeeltelijk conform Vlarem / geen afwerking / onbekend	Dient meegenomen te worden naar de tweede fase

⁶ De grijsgedrukte criteria werden eerst eveneens in beschouwing genomen, maar werden omwille van een te grote complexiteit voor de potentieelbepaling in de eerste stap, doorgeschoven naar de tweede stap van de bepaling van de saneringsnoodzaak.

Ligging van de stortmateriaal t.o.v. de grondwatertafel / hangwater t.o.v. stortmateriaal	Stortmateriaal boven grondwater / Stortmateriaal onder grondwater / Opvang percolaat – Geen informatie	Dient meegenomen te worden naar de tweede fase
Beschikbaarheid bodemgegevens (analyses grond en grondwater) t.h.v. stort.	Data over stortmateriaal – stortgas – percolaatwater	Dient meegenomen te worden naar de tweede fase
Beschikbaarheid bodemgegevens (analyses grond en grondwater) omgeving.	Data bodem en grondwater omgeving	Dient meegenomen te worden naar de tweede fase

2 Karakterisatie /inventarisatie van de mogelijke receptoren

Parameter	Omschrijving	Vertaling voor informatie rekentool (databank)
1a. Ligging t.o.v. woonzone: actueel + potentieel	Afstand tot actuele en potentiële woonzone (mogelijke humane blootstelling)	Uit GIS Gewestplan
1b. Ligging t.o.v. recreatiezone: actueel + potentieel	Afstand tot actuele en potentiële recreatiezone (mogelijke humane blootstelling)	Uit GIS Gewestplan
1c. Ligging t.o.v. landbouwzone: actueel + potentieel	Afstand tot actuele en potentiële landbouwzone (mogelijke humane blootstelling)	Uit GIS Gewestplan
1d. Ligging t.o.v. industriezone: actueel + potentieel	Afstand tot actuele en potentiële industriezone (mogelijke humane blootstelling)	Uit GIS Gewestplan
2. Ligging t.o.v. ecologisch waardevolle gebieden: actueel + potentieel	Afstand tot actuele en potentiële ecologisch waardevolle gebieden (mogelijk schade aan ecosysteem)	Uit NATURA 2000 Natuurgebieden (VEN/IVON)
3. Kwetsbaarheid grondwater	Grondwaterlichaam als receptor van verontreiniging op zich	Uit GIS Grondwaterkwetsbaarheidskaart
(Permeabiliteit betreffend watervoerend pakket)	Migratiesnelheid grondwater	Zit mee vervat in grondwaterkwetsbaarheid
Aanwezigheid afscheidende kleilaag	Bescherming onderliggende grondwaterpakketten	Zit mee vervat in grondwaterkwetsbaarheid
4. Ligging t.o.v. oppervlaktewater	Impact op oppervlaktewater	Uit GIS Hydrografische atlas

5. Ligging t.o.v. waterwinningen (+ diepte + gebruik)	Impact op waterwinningen	Uit GIS DOV
6. Ligging t.o.v. drinkwaterwinningen en beschermingszones	Impact op drinkwaterwinningen	Uit GIS Drinkwaterzones
7. Ligging t.o.v. overstromingszones	Impact in overstromingszones	Uit GIS Overstromingszones

5.2.2 Rekentool prioritering saneringsnoodzaak

Op basis van de hierboven vermelde globale criteria werd een **rekentool** ontwikkeld om (1) het potentieel tot saneringsnoodzaak te berekenen per stortplaats in de database. De tweede doelstelling van deze rekentool is het (2) opstellen van een globale ranking voor de lijst van stortplaatsen waarbij een volgorde van "**potentiële saneringsnoodzaak**" wordt berekend die dan in een aantal volgende stappen dient te worden verfijnd o.b.v. meer gedetailleerde informatie:

- In deze rekentool worden **per criterium** voor de bepaling van de impact van de bron of receptor verschillende mogelijkheden van **invulling van het criterium** naar saneringsnoodzaak toe beschreven (kolom 1-2-3);
- Daarnaast werd aan elk van deze mogelijkheden van invulling een score gegeven naargelang de inschatting van de relevantie op het potentieel van saneringsnoodzaak (kolom 4);
- Tenslotte wordt per criterium een **wegingsfactor** toegekend naargelang de "**relatieve relevantie of impact**"⁷ van het criterium zelf bij de afweging van het potentieel tot saneringsnoodzaak (kolom 5). De wegingsfactor varieert tussen matig belangrijk (1) – belangrijk (2) – heel belangrijk (3) – uiterst belangrijk (4);
- In de laatste kolom is de **maximale onderdeelscore per criterium** weergegeven (kolom 6);
- Uiteindelijk wordt de verkregen eindscore per stortplaats gedeeld door de (maximale score*100) om een score in % te verkrijgen.

Er wordt benadrukt dat de grootte van de scores en de wegingsfactoren, zoals gebruikt in de rekentool horend bij in stap 1, een **relatieve** kwantificering uitdrukken - "**in vergelijking met**" of "**t.o.v.**" de andere invullingen van criteria en/of criteria- met als doelstelling een volgorde van potentiële saneringsnoodzaak te verkrijgen, en geen absolute kwantificering. De absolute of gedetailleerde kwantificering van de bepaling van de saneringsnoodzaak zal naderhand in de stappen 2 en 3 verder uitgewerkt worden.

Deze rekentool werd geïntegreerd in de rekentool voor de potentieelbepaling LFM (zie beschrijving 3.8 en verder).

1 Criteria gerelateerd aan de inschatting van de potentiële saneringsnoodzaak vanuit de bron (stortplaats)

Voor het **type stortmateriaal** wordt een wegingsfactor 3 (zeer belangrijk) toegekend. De klasse volgens dewelke het stortmateriaal wordt ingedeeld, wordt grotendeels overgenomen uit de informatie die beschikbaar is vanuit de POT-fiches. Op basis van expertise werd een inschatting van de impact en een bijhorende score op de mogelijke saneringsnoodzaak geraamd. Hierbij werd industrieel afval (mogelijk aanwezig van vaten met chemicaliën, ...) en het ontbreken van

⁷ Met "**relatieve**" **relevantie/impact** wordt hier bedoeld: de relevantie van het criterium t.o.v. de relevantie van de Andere criteria naar saneringsnoodzaak toe en niet de "absolute" relevantie. Een criterium kan bv. de wegingsfactor 1 "matig belangrijk" krijgen, maar is daarom niet "onbelangrijk" alleen wordt de relevantie in vergelijking met de andere criteria die een hogere wegingsfactor krijgen als kleiner ingeschat.

gegevens als het meest prioritair ingeschat. De aanwezigheid van inert afval als het minst prioritair.

Wat betreft de **ouderdom** van de stortplaats werd een inschatting gemaakt naar de impact op de potentiële saneringsnoodzaak op basis van de industriële processen en maatschappelijke consumptiepatronen die in deze periode belangrijk worden geacht. De periode 1950 – 1985 krijgt hierbij de hoogste score aangezien in deze periode een groot gamma aan (nieuwe) chemicaliën gebruikt en gestort werden zonder dat de stortplaatsen reeds goed afgewerkt werden. Na 1985 gebeurde het storten op een meer gecontroleerde manier en werden de stortplaatsen beter afgewerkt. Aan het criterium ouderdom wordt een wegingsfactor 2 (belangrijk) toegekend.

Het laatste criterium dat de bron karakteriseert in stap 1 betreft de **omvang** van het stort: hier is duidelijk dat een grotere omvang van een stortplaats een grotere kans op verontreiniging en dus potentiële risico's met zich meebrengt. De relevantie van het criterium wordt op matig belangrijk (wegingsfactor 1) ingeschat.

In de onderstaande tabel worden de criteria voor de potentieelbepaling van de bron, evenals de scores en de wegingsfactoren weergegeven.

Bron					
1. Type stortmateriaal	Klasses o.b.v. stortmateriaal	Categorieën	Score	Wegingsfactor	Onderdeelscore
		Huishoudelijk	70	3	
		Industrieel	100		
		Baggerspecie	40		
		Slib WZI	50		
		Inert	30		
		Gips	40		
		Vliegass	40		
		Asbest	60		
		Andere/onbekend	100		MAX 300
2. Ouderdom stort	Klasses ouderdom				
	Vroegere industrie		30	2	
	Gasfabrieken		80		
	Chemie-huisvuil		100		
	Vlarem-wetgeving		40		
		Onbekend	60		MAX 200
3. Omvang stort	Oppervlakte	Verschillende klasses van grootte			
	Indeling o.b.v. statistiek	Klein ($A < 6.500 \text{ m}^2$)	30		
	Database	Middel ($6.500 \text{ m}^2 < A < 15.000 \text{ m}^2$)	40		
		Groot (15.000 m^2)	70		

		<A< 43.000 m ²)			
		Heel groot (A > 43.000 m ²)	100		MAX 100

Tabel 12: Criteria potentieelbepaling saneringsnoodzaak bron in stap 1

2 Criteria gerelateerd aan de inschatting van de potentiële saneringsnoodzaak vanuit de receptoren (mens en omgeving)

De eerste receptor die geëvalueerd wordt, is de mens. Hiertoe wordt gekeken naar de aanwezigheid van de mens ter hoogte van de stortplaats en/of in de nabije omgeving van de stortplaats, en dit zowel voor het actuele gebruik als voor het toekomstige gebruik. Volgende verschillende scenario's, met bijhorende wegingsfactor, worden besproken: de mens

- 1.a) **in woonzone** (actueel: huidige woonzones – potentieel: inclusief woonuitbreidingsgebieden): met scores naargelang de afstand van de woonzone tot de stortplaats en met wegingsfactor 3: zeer belangrijk
- 1.b). **in recreatiezone** (actueel in huidige recreatiezones – potentieel: inclusief de groen- en “gewone” natuurgebieden): met scores naargelang de afstand van de recreatiezone tot de stortplaats en met wegingsfactor 2: belangrijk
- 1.c) **als consument van voedsel t.g.v. landbouwactiviteiten**: actuele en potentiële landbouwgebieden: met scores naargelang de afstand van de landbouwzone tot de stortplaats en met wegingsfactor 1: matig belangrijk
- 1.d) **in industriezone**: actuele en potentiële industriezones: met scores naargelang de afstand van de industriezone tot de stortplaats en met wegingsfactor 1: matig belangrijk

Via een evaluatie in GIS wordt voor deze vier bestemmingstypes een score berekend o.b.v. de aanwezigheid van het bestemmingstype in relatie tot de afstand tot de stortplaats. Daarna wordt voor deze vier scores de maximumscore genomen om verder te rekenen om een overlap tussen de verschillende bestemmingstypes te voorkomen.

De tweede receptor betreft **ecologisch waardevolle gebieden**. Voor de evaluatie van deze gebieden worden de Natura 2000-gebieden (Habitatrichtlijn en Vogelrichtlijn) en de VEN- en IVON-gebieden geselecteerd op basis van GIS en wordt een score toegekend o.b.v. de afstand van het natuurgebied tot de stortplaats. De wegingsfactor voor dit criterium bedraagt 2: belangrijk.

Een derde receptor betreft het **grondwater in het bijhorende grondwaterlichaam**. Op basis van de codering op de grondwaterkwetsbaarheidskaart wordt een score gegeven naargelang het betreffende grondwaterlichaam als kwetsbaar of minder kwetsbaar wordt geëvalueerd. Indien er ter hoogte van de stortplaats meerdere codes van de grondwaterkwetsbaarheid voorkomen, wordt worst case het meest kwetsbare (of de hoogste score) genomen om verder te rekenen. De wegingsfactor voor dit criterium bedraagt 2: belangrijk.

De volgende receptor die geëvalueerd wordt, is het **oppervlaktewater** in de omgeving. De toedeling van de score gebeurt in functie van de afstand van de waterloop tot de stortplaats, zoals deze wordt berekend o.b.v. de hydrografische atlas. De wegingsfactor voor dit criterium bedraagt 2: belangrijk.

Betreffende de receptor **waterwinningen** wordt een onderscheid gemaakt tussen “gewone” waterwinningen en drinkwaterwinningen en hun beschermingszones. De berekeningen voor de **gewone waterwinningen** werden uitgevoerd met de gegevens verkregen van DOV. Deze gegevens zullen geregeld moeten geüpdatet worden. De wegingsfactor voor dit criterium bedraagt 2: belangrijk. Voor de **drinkwaterwinningen en hun beschermingszones** wordt een wegingsfactor 4 toegekend aangezien dit criterium als uiterst belangrijk wordt beschouwd.

Als laatste receptor-gerelateerd criterium wordt de **ligging van de stortplaats t.o.v. overstromingszones** geëvalueerd.

In de onderstaande tabel worden de criteria voor de potentieelbepaling van de receptoren, evenals de scores en de wegingsfactoren weergegeven.

Receptor					
		Categorieën	Score	Wegingsfactor	Onderdeelscore
1. a) Ligging woonzone: actueel + potentieel					
	Gewestplan: code tot 1080 en tot 1180	Actueel ter hoogte van	100	3	
	Gewestplan: code 1080, 1180	Potentieel ter hoogte van	80		
		Actueel < 100 m	80		
		Actueel > 100 m	20		
		Potentieel < 100 m	60		
		Potentieel > 100 m	10		MAX 300
1. b) Ligging recreatiezone: actueel + potentieel					
	Gewestplan: code tot 0480	Actueel ter hoogte van	100	2	
	Gewestplan: code 0480, 0500, 0700	Potentieel ter hoogte van	80		
		Actueel < 100 m	80		
		Actueel > 100 m	20		
		Potentieel < 100 m	60		
		Potentieel > 100 m	10		MAX 200
1. c) Ligging landbouwzone (voedsel): actueel + potentieel					
	Gewestplan: code 1000	Actueel ter hoogte van	100	1	
	Gewestplan: code 0510	Potentieel ter hoogte van	80		
		Actueel < 100 m	80		
		Actueel > 100 m	20		
		Potentieel < 100 m	60		
		Potentieel > 100 m	10		MAX 100
1. d) Ligging industriezone: actueel + potentieel					
	Gewestplan: code tot 1080 en tot 1180	Actueel ter hoogte van	100	1	
	Gewestplan: code 1080, 1180	Potentieel ter hoogte van	80		

		Actueel < 100 m	80		
		Actueel > 100 m	20		
		Potentieel < 100 m	60		
		Potentieel > 100 m	10		MAX 100
2. Ligging ecologisch waardevolle gebieden: actueel					
	Natura2000 en VEN/IVON	Actueel ter hoogte van	100	2	
		Actueel < 100 m	80		
		Actueel > 100 m	80		MAX 200
3. Kwetsbaarheid grondwater					
	Grondwater-kwetsbaarheidskaart	Uiterst kwetsbaar	100	2	
		Zeer kwetsbaar	70		
		Kwetsbaar	40		
		Matig kwetsbaar	20		
		Weinig kwetsbaar	10		MAX 200
4. Ligging oppervlaktewater					
	Hydrografische atlas	opp. water op minder dan 100 m van stortplaats	50	2	
		opp. water op minder dan 200 m van stortplaats	30		
		opp. water op meer dan 200 m van stortplaats	20		
		geen bedreiging	10		
		zeker bedreiging	100		MAX 200
5. Ligging waterwinningen					
	DOV	vermoeden nadelig effect	100	2	
		gelegen op <100 m van stortplaats	60		
		gelegen op <200 m van stortplaats	40		
		gelegen op <500 m van stortplaats	20		MAX 100
6. Ligging drinkwaterwinningen en beschermingszones					
	Drinkwaterwinningsgebieden	DWW - vermoeden nadelig effect	100	4	

		DWW - gelegen op <100 m van stortplaats	60		
		DWW - gelegen op <200 m van stortplaats	40		
		DWW - gelegen op <500 m van stortplaats	20		
		DWW - gelegen verder dan 500 m van stortplaats	10		MAX 300
7. Ligging overstromingszones					
	Overstromingszones	Ligging in overstromingszone: ja	100	2	
		Ligging in overstromingszone: nee	0		MAX 200

Tabel 13: Criteria potentiëlbepaling saneringsnoodzaak receptor in stap 1

M.b.v. de Flaminco-rekentool werd voor de stortplaatsen in de KUL-databank en deze uit de LFM-databank de potentiële saneringsnoodzaak berekend. Nadien werden de relatieve scores van de stortplaatsen uitgezet in een ranking (volgorde volgens dalend belang potentiële saneringsnoodzaak).

Op basis van deze globale lijst kunnen algemene beslissingen genomen worden betreffende de prioritering van de saneringsnoodzaak van de betreffende stortplaatsen, bv. voor de stortplaatsen met het grootste potentieel kan in stap 2 en stap 3 meer in detail bekeken worden welke gegevens verder dienen te worden opgezocht en aangevuld om een volledige risico-evaluatie en bepaling van de saneringsnoodzaak van de stortplaats uit te kunnen voeren.

In een stap 2 kan ook geopteerd worden om in de rekentool met de gekoppelde database een tabblad te voorzien waarin deze aanvullende informatie (inclusief de motivatie) wordt bewaard:

- Het **standaard-tabblad** is de tool die hierboven wordt voorgesteld en die uitgaat van de standaard gegevens uit de globale database;
- Het **aangepaste tabblad** bestaat uit de aangepaste en aangevulde tool op basis van locatiespecifieke informatie die voor de betreffende stortplaats is aangevuld in een verfijnde database. De stortplaatsen waarvoor de informatie is aangevuld, kunnen op een aparte manier worden aangeduid, bv. door deze in een kleur aan te duiden. *Op deze manier wordt de ranking o.b.v. de potentiële saneringsnoodzaak verfijnd en aangepast met meer nauwkeurige gegevens.*

De bepaling van de relatieve potentiële saneringsnoodzaak kan ook gecombineerd worden met de lijst met stortplaatsen die geprioriteerd worden o.b.v. hun potentieel voor LFM (zoals bepaald in deelopdracht 1 en 2). Deze opzet wordt beschreven in hoofdstuk 6.

De input, rekenschema's en output van de rekentool voor saneringsnoodzaak is toegevoegd in bijlage 5. Deze rekentool werd opgenomen en geïntegreerd in de rekentool voor de bepaling van het potentieel voor LFM en wordt in zijn geheel het Flaminco-model genoemd. In het

onderstaande hoofdstuk worden de resultaten o.b.v. het Flaminco-model voor het onderdeel saneringsnoodzaak besproken.

5.3 STAP 2: Verzamelen bijkomende informatie o.b.v. veld- en analysecampagne

O.b.v. de **eerste stap** worden de **prioritaire stortplaatsen (met grote potentiële impact op de omgeving)** - bepaald volgens de ranking m.b.v. de hierboven beschreven rekentool - geselecteerd.

In een tweede stap wordt alle nodige informatie om tot een gefundeerde uitspraak tot saneringsnoodzaak te kunnen overgaan, zorgvuldig gescreend en wordt de eventueel ontbrekende informatie opgelijst. Er dient in deze stap zoveel mogelijk gedetailleerde **informatie verzameld** te worden, o.b.v. vergunningen (gemeente, provincie, LNE, ALBON, ...), gemeentelijke inventaris (voor zover beschikbaar), GIR, GIS-Vlaanderen, DOV, LFM-databank, luchtfoto's, eventueel terreinbezoek... Hierbij dient eveneens te worden nagegaan bij de OVAM (Afdelingen Bodembeheer en Afval- en Materialenbeheer) en eventuele andere betrokkenen (bv. eigenaars, exploitanten, ...) of er (historische) gegevens m.b.v. de grond- en grondwaterkwaliteit beschikbaar zijn.

Eerste fase: Verzamelen van informatie

Na screening van de reeds aanwezige informatie moet de **mogelijk ontbrekende informatie** om tot een grondige inschatting van de saneringsnoodzaak te kunnen overgaan, worden **opgelijst**. Deze bijkomende informatie dient dan ingewonnen te worden, grotendeels via het uitvoeren van veldwerk.

Volgende informatie dient minimaal te worden verzameld:

- (historische) vergunningen: informatie over historiek stortmateriaal, omvang, afwerking (aanwezigheid onder- en laterale afdichting, kleilagen, bovenafdichting, aanwezigheid en dikte afdeklaag (met folie), opvang percolaat, opvang stortgassen,...);
- (historische) kadastragegevens;
- (historische) luchtfoto's en topografische kaarten;
- foto's terreinbezoek;
- beschikbare gegevens monitoring stortplaats: omliggend grondwater, percolaatwater, stortgas,...;
- beschikbaarheid gegevens bodemonderzoeken t.h.v. de stortplaats en/of in de nabije omgeving (tot op een afstand van 100 m van de stortplaats): deze data kunnen opgezocht worden in de OVAM databank.

Voor een overzicht van de informatie die nagekeken dient te worden, wordt verwezen naar de tabellen in hoofdstuk 2.7 ("Uitgebreide voorstudie voor stortplaatsen") van de Standaardprocedure Oriënterend Bodemonderzoek van de OVAM, oktober 2011.

Tweede fase: Veld- en analysecampagne om ontbrekende informatie rond potentiële risico's in kaart te brengen

Het veldwerk dient zich te richten op het **in kaart brengen van de mogelijke risico's** die uit de screening van stap 1 als potentiële risico's naar voren kwamen: en dit zowel vanuit de bron als vanuit de receptor beschouwd. Hierbij dient rekening te worden gehouden met de beschikbaarheid van de nodige informatie ingewonnen in de eerste fase van stap 2.

Volgende informatie dient bv. via een bijkomende veld- en analysecampagne te worden verzameld:

- indien geen informatie bekend is over de toplaagkwaliteit van de stortplaats en er zijn receptoren t.h.v. het stort aanwezig, dan dienen **toplaagstalen van de stortplaats** te worden bemonsterd en geanalyseerd op de relevante verontreinigingsparameters. Indien noodzakelijk dient een aangetroffen verontreiniging op een voldoende manier te worden afgeperkt.
- indien geen informatie aanwezig is over de eventuele **impact van het stortmateriaal op het omliggende grondwater**, dienen omliggende peilputten te worden geplaatst en bemonsterd met analyses op de relevante verontreinigingsparameters. Indien noodzakelijk dient een aangetroffen verontreiniging op een voldoende manier te worden afgeperkt.
- indien **bepaalde receptoren bedreigd kunnen worden**, bv. waterwinningen of oppervlaktewater, dienen de nodige onderzoeksgegevens te worden verzameld om deze risico's gedetailleerd in kaart te brengen, vb. metingen van grondwater, water uit waterwinningen, oppervlaktewater, ...

Dit veldwerk dient idealiter (en indien relevant) te worden gecombineerd met veldwerk dat nodig is voor het in detail bepalen van het potentieel voor Landfill Mining (zie ook opzet Fielddesign in hoofdstuk 4.1).

Voor het gebruik van alternatieve onderzoekstechnieken op stortplaatsen wordt verwezen naar de informatie opgenomen in hoofdstuk 8.

5.4 STAP 3: Bepaling saneringsnoodzaak o.b.v. gedetailleerde risico-evaluatie en prioritering

Op basis van de verzamelde informatie via het veldwerk dient een volledige risico-evaluatie te worden uitgevoerd. Indien risico's t.g.v. de aanwezige stortplaats niet uitgesloten kunnen worden, dient een urgentiebepaling te gebeuren.

O.b.v. de resultaten van deze risico-evaluatie en de urgentiebepaling kunnen de stortplaatsen in verschillende klassen worden ingedeeld volgens prioriteit van saneringsnoodzaak, bv:

- Geen saneringsnoodzaak: Klasse I;
- Beperkt urgent: Klasse II;
- Matig urgent: Klasse III;
- Urgent: Klasse IV.

De resultaten van de gedetailleerde bepaling van de saneringsnoodzaak kunnen in het Flaminco-model voor bepaling van de saneringsnoodzaak worden ingevoerd als input voor de potentieelbepaling voor saneringsnoodzaak in een afzonderlijk tabblad (met weergave van de bronnen en motivatie). *Deze aanpassing van het model werd momenteel nog niet uitgevoerd en dient in een tweede fase van het project te worden voorzien.*

6 Koppeling potentieel LFM – saneringsnoodzaak

In hoofdstuk 18 en 61 zijn de methodieken uitgewerkt met betrekking tot de potentieelbepaling voor Landfill Mining en de bepaling van de saneringsnoodzaak van een bepaalde stortplaats.

In hoofdstuk 18 werd aan de hand van specifieke criteria enerzijds een rekentool ontwikkeld voor de potentieelbepaling voor landfill mining en in hoofdstuk 61 is anderzijds aan de hand van andere criteria een rekentool ontwikkeld voor de bepaling en prioritering van de saneringsnoodzaak voor stortplaatsen. Deze beide rekentools werden in het Flaminco-model geïntegreerd tot één rekentool.

Aangezien bij een duurzaam stortplaatsbeheer idealiter rekening wordt gehouden met beide doelstellingen (en deze zelfs in de mate van het mogelijke probeert te combineren bij de aanpak van stortplaatsen), is op basis van de resultaten van beide methodieken een interactiematrix opgesteld waarin beide doelstellingen gecombineerd worden. Bij de selectie van aan te pakken stortplaatsen kan hier rekening mee kan gehouden worden.

Op basis van de interactiematrices wordt visueel zichtbaar welke stortplaatsen een hoge prioriteit hebben om te worden aangepakt op basis van de saneringsnoodzaak en het potentieel inzake LFM. Deze interactiematrices kunnen eveneens weergegeven worden als output van het Flaminco-model.

Tevens is in het Flaminco-model de mogelijkheid opgenomen om de prioritering van LFM en saneringsnoodzaak te combineren tot 1 lijst met een gecombineerde prioritering. Het relatieve gewicht dat aan LFM en saneringsnoodzaak respectievelijk wordt gegeven, kan ingevuld worden naargelang de doelstelling van de prioritering en het belang dat aan beide aspecten wordt gegeven.

Binnen de combinaties van de verschillende LFM-doelstellingen met saneringsnoodzaak komen verschillende stortplaatsen verschillende keren voor in de TOP25. Het zijn deze stortplaatsen die mogelijk in aanmerking komen voor een gedetailleerder onderzoek, zijnde

- het meer in detail bepalen van het potentieel tot landfill mining;
- het meer in detail bepalen van de potentiële saneringsnoodzaak.

(zie ook bij selectie stortplaatsen voor Fielddesign in hoofdstuk 4.1).

In een eerste stap dient dit te gebeuren door het **verzamelen en interpreteren van reeds beschikbare en meer gedetailleerde informatie**. Op basis van de interpretatie van deze gedetailleerde informatie kan de potentieelbepaling **verfijnd** worden:

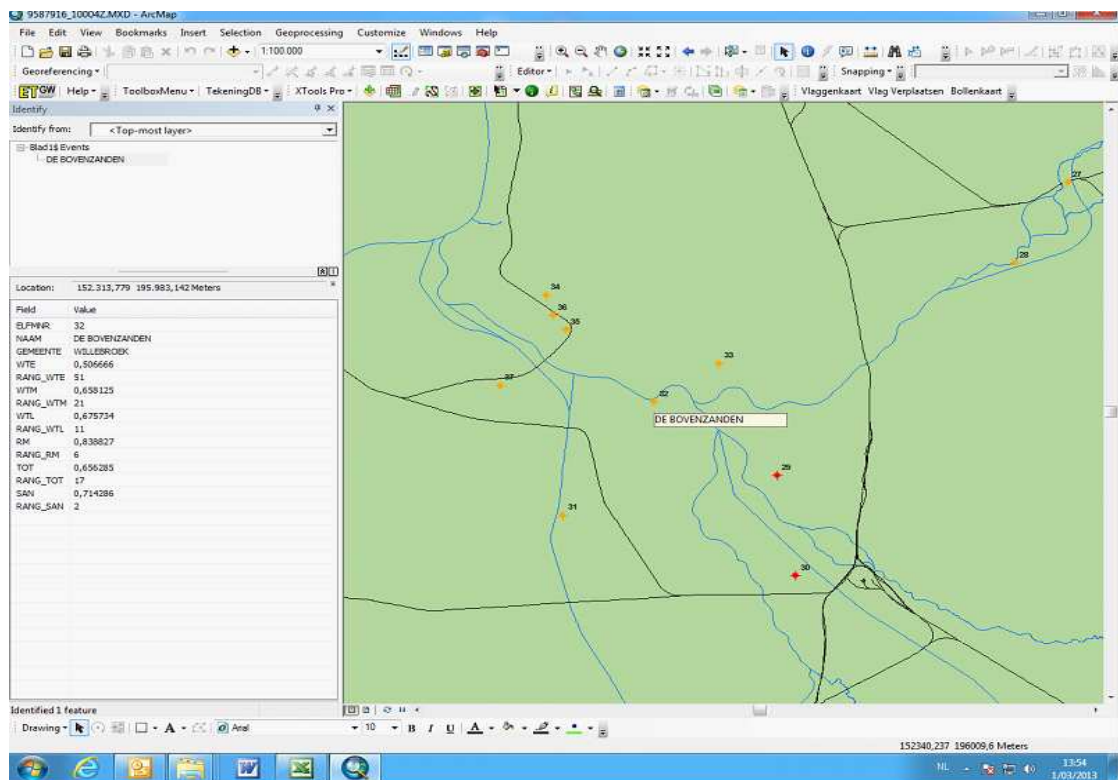
- Indien op basis van deze informatie blijkt dat het potentieel voor LFM én de potentiële saneringsnoodzaak hoog blijft, kunnen deze stortplaatsen geselecteerd worden om in een volgende fase een field design uit te voeren
- Indien op basis van deze informatie blijkt dat het potentieel voor LFM en de potentiële saneringsnoodzaak (voor beide doelstellingen of voor één van beiden) lager uitvalt, dan kan de ranking in de rekentool aangepast worden en dienen uit de herrekenende ranking de nodige besluiten te worden genomen
- Indien blijkt dat de nodige informatie (voor beide doelstellingen of voor één van beiden) niet beschikbaar is, kan deze stortplaats geselecteerd worden als stortplaats waar het noodzakelijk is om aanvullende data te verzamelen

7 Koppeling Rekentool GIS

Via een koppeling met GIS kunnen de resultaten van de rekentool op een snelle manier geografisch gevisualiseerd worden.

Volgende weergaven van resultaten van de rekentool kunnen gegenereerd via GIS:

- Per geselecteerde stortplaats: samenvatting van de belangrijkste resultaten (zie Figuur 28)



Figuur 28: Visuele weergave informatie per geselecteerde stortplaats in GIS

8 Deelopdracht 4: Screening alternatieve onderzoekstechnieken

8.1 Inleiding

Sommige stortplaatsen in Vlaanderen werden reeds vrijwillig onderzocht of werden onderzocht in kader van periodieke plicht of naar aanleiding van een overdacht. Een groot deel stortplaatsen in Vlaanderen werd echter nog niet onderzocht in kader van het bodemdecreet.

In onderstaand hoofdstuk wordt een overzicht gegeven van mogelijke technieken die in aanmerking komen om stortplaatsen in kaart te brengen, de inhoud te bepalen en overige relevante technieken om noodzakelijke informatie te verzamelen voor LFM. Hierbij wordt, naast de gekende technieken, eveneens gezocht naar innovatieve technieken en wordt aangegeven op welke vlakken bepaalde bestaande technologieën aangepast moeten worden om hiervoor meer geschikt te worden.

8.2 Voorafgaand: enkele algemene “klassieke” onderzoekstechnieken stortplaats

8.2.1 Algemeen vooronderzoek

Het onderzoek naar een stortplaats gaat vooraf door een uitgebreid vooronderzoek, waarbij op basis van de beschikbare bronnen een beeld wordt gevormd van de vorming (historie), incidenten, omvang en samenstelling van de stortplaats. Tijdens het vooronderzoek wordt gebruik gemaakt van alle ter beschikking staande bronnen waarbij gedacht moet worden aan:

- Locatie inspectie;
- (historische) luchtfoto's en kaartmateriaal;
- Kadaster (eigendomssituatie);
- Vigerende en verlopen vergunningen;
- Stortadministratie;
- Krantenartikelen;
- Geologische en geohydrologische informatie;
- Overige bronnen.

De informatie kan worden opgevraagd bij gemeente, provincie, heemkundige kringen, omwonenden, etc.

Indien de uitkomsten van het vooronderzoek daar aanleiding toe geven kunnen er ook interviews met (voormalig) werknemers, omwonenden en andere betrokkenen worden gehouden.

Hieronder worden enkele mogelijke manieren om informatie te verzamelen tijdens het vooronderzoek toegelicht.

8.2.2 Historische luchtfoto's en oude topografische kaarten

8.2.2.1 Techniek

Aan de hand van historische luchtfoto's kunnen historische activiteiten worden vastgesteld. Via deze luchtfoto's kan een duidelijk beeld gevormd worden van de historiek van de site vanaf het ontstaan tot heden. Deze luchtfoto's verschaffen informatie over de omvang van de site en de verdachte locaties. Het nagaan van reliëfwijzigingen kan gebeuren door een vergelijking van oudere en recente topografische kaarten. Op deze manier kan bekeken worden of de terreinen vroeger lager gelegen waren, of er putten aanwezig waren die nu opgevuld zijn en dergelijke meer.



Figuur 29: Oude topografische kaart. Bron: <http://www.ngi.be/NL/NL1-4.shtm>

8.2.2.2 Praktische inzetbaarheid

Historische luchtfoto's en oude topografische kaarten zijn te koop bij het Nationaal Geografisch instituut. De vroegste luchtfoto's zijn beschikbaar vanaf 1947 tot 1952 afhankelijk van regio. De cartotheek van het Nationaal Geografisch Instituut bezit een grote collectie historische kaarten.

8.2.2.3 Type informatie

Aan de hand van historische luchtfoto's kan mogelijk de historiek van de site en de ouderdom van de stortplaats bepaald worden. Aan de hand van oude topografische kaarten kan mogelijk de diepte van het gestorte materiaal bepaald worden.

8.2.2.4 Voor- en nadelen

Een nadeel van het gebruik van historische luchtfoto's is de relatief kleine schaal (1/25.000 – 1/16.000), waardoor waarnemingen bemoeilijkt worden. Een voordeel is dat de techniek relatief eenvoudig en op korte termijn kan ingezet worden.

8.2.2.5 Kosten

De kostprijs van een luchtfoto bedraagt € 13 euro per stuk (uitvergroting € 43/stuk), de kostprijs van een historisch kaartblad bedraagt € 6,5 per stuk (digitaal bestand € 30/stuk).

Bronnen:

NGI: <http://www.ngi.be/NL/NL0.shtm>

8.2.3 AGIV/DOV-Vlaanderen/Google maps

8.2.3.1 Techniek

De omgeving, het gebruik en de ontsluiting van de stortplaats kan onderzocht worden aan de hand van gegevens afkomstig van AGIV, DOV-Vlaanderen en Google maps.

8.2.3.2 Praktische inzetbaarheid

Informatie van AGIV, DOV-Vlaanderen en Google maps is eenvoudig online te raadplegen.

8.2.3.3 Type informatie

Volgende informatie in verband met de omgeving, het gebruik en de ontsluiting van de stortplaats kan verkregen worden:

- AGIV: gewestplan;
- DOV-Vlaanderen: opbouw van de bodem, receptoren in de omgeving en afstand tot stortplaats (grondwaterwinningen, oppervlaktewater);
- Google maps: receptoren in de omgeving en afstand tot stortplaats (scholen, recreatiegebieden, natuurgebieden), recente luchtfoto en foto's op straatniveau.

8.2.3.4 Voor- en nadelen

Deze informatie kan snel en kosteloos worden verzameld. De mate waarin de verzamelde informatie nuttig kan toegepast worden zal zeer site-specifiek zijn.

8.2.3.5 Kosten

Deze informatie is gratis te raadplegen. De kostprijs om een dag dergelijke informatie verzamelen, zal ca. 500-700 euro bedragen

Bronnen:

AGIV: <http://geo-vlaanderen.agiv.be/geo-vlaanderen/gwp/>

DOV: <https://dov.vlaanderen.be/dov/DOVInternet/startup.jsp>

8.2.4 Info opvragen gemeente, provincie, heemkundige kringen, omwonenden, etc.

8.2.4.1 Techniek

Om de historiek van een stortplaats na te gaan, kunnen verschillende bronnen (gemeente-archieven, heemkundige kringen, omwonenden, voormalig personeel,...) geraadpleegd worden. Bewoners in de nabijheid van een voormalige stortplaats kunnen vaak belangrijke informatie verschaffen over de activiteiten, de uitbaters,... Naast buurtbewoners vormen eventuele voormalige werknemers een essentiële bron van informatie. Deze werknemers zijn vaak de

meest betrouwbare bron om de locatie van verdachte zones aan te duiden. Verder kan mogelijk ook bij plaatselijke milieuverenigingen of heemkundige kringen informatie bekomen worden. Zij zijn vaak in het bezit van oude foto's of documenten die kunnen helpen bij het aanduiden van verdachte locaties. Ook bibliotheken kunnen ideale bronnen voor het opsporen van oude foto's, luchtfoto's, kaarten en documenten zijn. Een brief met verzoek tot medewerking van de OVAM zal het draagvlak vergroten en de informatieverzameling vereenvoudigen.

8.2.4.2 Praktische inzetbaarheid

De inzetbaarheid van de verzamelde informatie zal veelal site-specifiek zijn.

8.2.4.3 Type informatie

Deze bronnen kunnen mogelijk meer inzicht verschaffen in de ouderdom en historiek van de stortplaats en het type gestort materiaal.

8.2.4.4 Voor- en nadelen

Deze informatie kan relatief snel en kosteloos worden verzameld. De mate waarin de verzamelde informatie nuttig kan toegepast worden zal zeer site-specifiek zijn.

8.2.4.5 Kosten

De kostprijs voor een dag dergelijke informatie verzamelen zal ca. 500-700 euro bedragen.

Bijkomende bronnen:

<http://www.clu-in.org/conf/tio/geophysical/resource.htm>

http://www.clu-in.org/download/char/geophys_innovate_a.pdf

http://www.clu-in.org/conf/tio/geophysical_121201/prez/nov01pdf.pdf

<http://www.epa.gov/tio/download/char/542r04017.pdf>

http://www.duurzaamstorten.nl/webfiles/DuurzaamStortenNL/files/Cofi_Minder_zorgen_om_stortplaatsen_proeflocaties.pdf

8.2.5 Visuele inspectie tijdens terreinbezoek

8.2.5.1 Techniek

Een gestructureerde aanpak van een visuele inspectie kan veel informatie geven over de opbouw en samenstelling van het stortlichaam. Variatie in het type begroeiing of de grootte van begroeiing kan informatie geven over variaties in opbouw van het stortlichaam, variatie in het gehalte in water van de bodem, chemische kwaliteit van de bovenlaag, aanwezigheid van stortgas. Een goede visuele inspectie moet geen sluitpost zijn van een non-destructief onderzoek, maar moet bij voorkeur gestructureerd worden opgezet.

8.2.5.2 Praktische inzetbaarheid

Bij visuele inspectie van het maaiveld moet de veldinspecteur met kaartmateriaal (eventueel met GPS) in het veld variaties noteren. In landelijk gebied kan een Google Earth/Bing Maps luchtfoto helpen om de variaties gebiedsdekkend in beeld te krijgen. Als onderdeel van deze aanpak kunnen ook nabij infrarood beelden (VIS-NIR) worden gebruikt om de gezondheid van gewas te meten. Deze meting kan zowel vanaf de grond als vanuit de lucht worden uitgevoerd.

8.2.5.3 Type informatie

Hiermee kan de laterale omvang van het stortlichaam in beeld worden gebracht.

8.2.5.4 Voor- en nadelen

Het grootste voordeel van deze techniek is dat het relatief eenvoudig en op korte termijn uitgevoerd kan worden. Het al dan niet vergaren van nuttige informatie is sterk locatieafhankelijk.

8.2.5.5 Kosten

De kosten zijn sterk afhankelijk van de beschikbare informatie en visueel waarneembare zaken in het veld. Een dag veldinspectie zal met verwerking € 1000 - € 1500 kosten.

Bronnen:

R. Koomans, 2012. Non-destructieve meettechnieken voor onderzoek naar de opbouw, inhoud en samenstelling van een stortplaats. 11 p. Medusa.

8.2.6 “Klassieke” onderzoekstechnieken

Op basis van een afgerond vooronderzoek kan de verdere onderzoeksaanpak worden bepaald. Nader onderzoek dient verschillende doelen en kan gebruikmaken van een veelheid aan technieken: ‘Klassieke’ technieken (in hoofdstuk 8.4.6), technieken voor het vergaren van informatie over bijvoorbeeld stortgas, geur of zettingen (in de hoofdstukken 8.4.7, 8.4.8 en 8.4.9), en ‘alternatieve’ technieken (in de hoofdstukken 8.5 en 8.6). Onderzoek maakt vrijwel altijd gebruik van de klassieke technieken en wordt aangevuld met het gebruik van alternatieve technieken waar dit als efficiënt en/of effectief wordt beoordeeld.

Onder “**klassieke**” onderzoekstechnieken worden verstaan:

- Vaststellen van de bodemgesteldheid middels een prikstok of handsondeerapparaat;
- Zintuiglijke waarnemingen en monsterneming van stortmateriaal en bodem vanuit handmatig of mechanisch geplateerde boringen;
- Zintuiglijke waarnemingen en monsterneming van stortmateriaal en bodem vanuit proefsleuven;
- Zintuiglijke waarnemingen en monsterneming van percolaat en grondwater vanuit peilbuizen;

Middels deze onderzoekstechnieken is het mogelijk de locatie, samenstelling, omvang en diepte van de stort en dikte en samenstelling van de afdeklaag vast te stellen.

In de praktijk is gebleken dat het graven van proefsleuven een zeer geschikte onderzoekstechniek is om de samenstelling naar aard en omvang van de elementen van een stort vast te stellen. Proefsleuven-onderzoek is goed te combineren met een zeeftest naar de samenstelling van het stortmateriaal. Proefsleuven onderzoek wordt gezien als de enige betrouwbare methode naar de aanwezigheid van asbest in een stort.

Indien het stortlichaam zich tot beneden de grondwaterspiegel voortzet is het toepassen van mechanische boringen een zeer geschikte methode om de dikte van het stortpakket vast te stellen. Het toepassen van sonderingen (CPT) in het stortlichaam wordt in de praktijk als zeer

risicovol gezien wegens de mogelijke aanwezigheid van harde objecten (puin ed.) waardoor de conus beschadigd raakt.

Middels peilbuizen in het verzadigde deel van het stortlichaam kan de kwaliteit van het percolaat vastgesteld worden. Met peilbuizen onder en rondom de stortplaats kan de kwaliteit van het grondwater worden bepaald. Indien peilfilters in het stortlichaam in de onverzadigde zone worden afgewerkt is het mogelijk stortgasmetingen vanuit de peilbuis te verrichten.

Op basis van de proefsleuf- en boorbeschrijvingen en grondwaterstandopnames wordt een beeld verkregen van de bodemopbouw, het stortprofiel en de lokale geohydrologie. Indien relevant worden aanwezige oppervlakte wateren hierin betrokken.

In onderstaande tabel is een overzicht opgenomen met de klassieke onderzoekstechnieken in relatie tot de meest voorkomende onderzoeksvragen bij het onderzoek naar een stortplaats.

Onderzoekstechniek / Onderzoeksvraag	Prikstok of handsondeer- apparaat	Handmatige boring	Mechanische boring	Proef- sleuf	Peilbuis
Dikte en samenstelling afdeklaag	++ Opm: afhankelijk van aard stortmateriaal	++	+	+	-
Horizontale omvang stort	++ Opm: afhankelijk van aard stortmateriaal	++	+	+	-
Verticale omvang stort	-	+	++	+	-
		Opm: afhankelijk van de stortdikte			
Samenstelling stortmateriaal	-	+	+	++	-
Samenstelling stortgas	-	+	+	-	++ Opm: af- werking filter in on- verzadigde zone
Kwaliteit precolaat en grondwater	-	-	-	-	++
Legende ++ zeer geschikt + geschikt - niet geschikt					

Tabel 14: Klassieke onderzoekstechnieken stortplaatsen

8.2.7 Stortgasmetingen

Zowel inzake **veiligheid** (stortgas kan bij ontgraving vrijkomen en voor emissie naar de lucht zorgen) als om het **potentieel** na te gaan van de stortplaats met betrekking tot energie, worden stortgasmetingen uitgevoerd. De stortgasmetingen geven ook een indicatie in welk stadium het stort zich bevindt.

Met behulp van een 'landfill analyzer' worden bodemluchtmetingen (diepte variërend) uitgevoerd. Hierbij wordt het volumepercentage methaan, kooldioxide en zuurstof en aromaten (in ppm) gemeten. Aansluitend kan ook een PID-meter gebruikt worden voor overige componenten.

8.2.8 Geurhinder

Tijdens het graven van een stort kan een geur waargenomen worden, welke is omschreven als een kenmerkende 'stortgeur'. Om geurhinder in kaart te brengen wordt een geuronderzoek verricht. Dit kan nuttig zijn wanneer de stortplaats in een woonomgeving is gelegen.

8.2.9 Draagkracht en metingen inzake zettingen

Bij **herontwikkeling** van de locatie door bijvoorbeeld ELFM toe te passen is de draagkracht van de stortplaats en de hierbij gepaard gaande zettingen een belangrijk aspect om te onderzoeken. De draagkracht van een stortplaats en de mogelijkheid tot zettingen, is afhankelijk van de samenstelling van de stortplaatsen (zie hoger). Indien noodzakelijk kunnen voor het bepalen van de draagkracht nog aanvullende volgende technieken gehanteerd worden:

- doorboren van stortlocaties (let op scheidende lagen, of onderafdichting);
- opstelling pilot voor zettingen, compressietesten: op een gedefinieerde oppervlakte wordt een gewicht geplaatst (bv 100 m³ grond) waarbij nadien op regelmatige tijdstippen bv. gedurende 3 maanden de hoogte wordt gemeten.

8.3 Selectiecriteria “alternatieve” onderzoekstechnieken

Noodzakelijke informatie voor LFM betreft o.a. informatie over het type en de uniformiteit van het stortmateriaal, de ouderdom van de stortplaats, het volume van het gestorte materiaal, het huidige gebruik van de stortplaats, de ontsluiting van de stortplaats en gegevens over de aanwezigheid van andere stortplaatsen in de omgeving.

In onderstaande tabel wordt een overzicht gegeven van alternatieve onderzoekstechnieken die in aanmerking komen om stortplaatsen in kaart te brengen en wordt per onderzoekstechniek weergegeven welke nuttige informatie met betrekking tot LFM ermee bekomen kan worden.

Onderzoekstechnieken	Verkregen informatie	Toelichting	Voordelen	Nadelen
XRF	volume,type	laterale uitbreiding verontreiniging met zware metalen	<ul style="list-style-type: none"> — meting en dataverwerking snel uit te voeren; — goed manueel hanteerbaar; — kwantitatieve info over zware metalen; — direct inzichtelijk in het veld waarop geanticipeerd kan worden. 	<ul style="list-style-type: none"> — enkel onderzoek naar vnl. zware metalen; — geen informatie in opbouw stort; — correctie noodzakelijk voor vochtgehalte en organisch materiaal; — meting absoluut getal → — correctie vocht; — maatregelen mbt veiligheid
EM	volume	laterale uitbreiding stortplaats	<ul style="list-style-type: none"> — meting en dataverwerking snel uit te voeren; — goed manueel hanteerbaar; — informatie over opbouw stort. De weerstand (geleiding) die gemeten wordt geeft info over vocht- en zoutgehalte en de porositeit. En laagscheiding worden inzichtelijk. 	<ul style="list-style-type: none"> — geen kwantitatieve informatie; — niet in te zetten op locaties met ondergrondse infrastructuur; — resultaten niet onmiddellijk inzichtelijk op het terrein.
TEM	volume	laterale uitbreiding stortplaats	<ul style="list-style-type: none"> — opsporing verontreinigingen in grondwater. 	<ul style="list-style-type: none"> — slecht toepasbaar op terreinen met obstakels (bv. bomen); — geen dikte of onderkant stortplaats; — geen kwantitatieve

				<p>informatie: verificatie met boringen en peilbuizen;</p> <ul style="list-style-type: none"> — niet in te zetten op locaties met ondergrondse infrastructuur; — minder geschikt voor stortplaats zelf; — resultaten niet onmiddellijk inzichtelijk op het terrein.
Grondradar	volume	laterale en verticale uitbreiding stortplaats	<ul style="list-style-type: none"> — metingen en dataverwerking snel uit te voeren, zowel lopend als rijdend; — opbouw van de stortplaats. 	<ul style="list-style-type: none"> — minder geschikt bij ondergrond met lage geleidbaarheid; — verificatie met boringen; — minder geschikt voor verticale afperking stort (max. diepte 6 m-mv).
Magnetometer	volume, type	locatie ijzerhoudende afvalstoffen in horizontaal en verticaal vlak	<ul style="list-style-type: none"> — goed voor puinophopingen, dempingen van sloten en bodemvreemde objecten. 	<ul style="list-style-type: none"> — geen kwantitatieve informatie: verificatie met boringen of sleuven.
Geo-elektrische tomografie	volume	laterale uitbreiding stortplaats	<ul style="list-style-type: none"> — goed voor puinophopingen, dempingen van sloten en bodemvreemde objecten. 	<ul style="list-style-type: none"> — geen kwantitatieve informatie: verificatie met boringen of sleuven. — niet van toepassing bij stortplaatsen met folie

RTK-GPS	volume	laterale en verticale uitbreiding stortplaats	<ul style="list-style-type: none"> — digitaal terreinmodel van het stortlichaam. — eenvoudige meting. 	<ul style="list-style-type: none"> — enkel van toepassing om de hoogte in kaart te brengen.
MIP-CPT	volume, type	laterale en verticale uitbreiding verontreiniging met VOC's	<ul style="list-style-type: none"> — on-line-data — in kaart brengen van vluchtige verbindingen 	<ul style="list-style-type: none"> — Enkel in kaart brengen en afperking vluchtige verbindingen. — minder geschikt om stort in kaart te brengen; — minder geschikt op locaties met ondergrondse infrastructuur; — concentraties parameters moeten al redelijk hoog zijn om gedetecteerd te worden.
UV Fluorescentiemeting – ROST	volume, type	laterale en verticale uitbreiding verontreiniging met PAK's	<ul style="list-style-type: none"> — on-line data; — semi-kwantitatief en kwalitatief; — in kaart brengen van aromatische koolwaterstoffen en puur product. 	<ul style="list-style-type: none"> — enkel in kaart brengen en afperking van aromatische koolwaterstoffen; — minder geschikt om stort in kaart te brengen; — minder geschikt op locaties met ondergrondse infrastructuur.
Luminescentie NIR (Near Infrared Reflectometry)	volume, type	laterale en verticale uitbreiding verontreiniging met zware metalen	<ul style="list-style-type: none"> — metingen en dataverwerking snel uit te voeren; 	<ul style="list-style-type: none"> — enkel onderzoek naar vnl. zware metalen;

			<ul style="list-style-type: none"> — goed manueel hanteerbaar; — kwantitatieve info over zware metalen. 	<ul style="list-style-type: none"> — geen informatie in opbouw stort; — kalibratie met monsters noodzakelijk.
Gamma Spectrometer	volume, type	laterale uitbreiding verontreiniging met zware metalen, PAK's en PCB's	<ul style="list-style-type: none"> — metingen en dataverwerking snel uit te voeren; — goed manueel hanteerbaar; — kwantitatieve info. 	<ul style="list-style-type: none"> — geen informatie in opbouw stort; — kalibratie met monsters noodzakelijk.
Seismiek (ConsoliTest™)	volume	laterale en verticale uitbreiding stortplaats	<ul style="list-style-type: none"> — in kaart brengen opbouw stort; — in kaart brengen contouren verontreinigingen; — inzetbaar bij diepere bodemopbouw. 	<ul style="list-style-type: none"> — beperkte resolutie; — dikte van de te bepalen laag moet voldoende groot zijn.
P meting (self potential/groundtracer)	volume	laterale uitbreiding stortplaats	<ul style="list-style-type: none"> — in kaart brengen horizontale contouren stort; — metingen en dataverwerking snel uit te voeren, zowel lopend als rijdend. 	<ul style="list-style-type: none"> — geen dieptebeplating; — verificatie met boringen.

Bodemluchtsonde	volume, type	laterale en verticale (max. 10 m-mv) uitbreiding verontreiniging met vluchtige verbindingen	— in-situ meting vluchtige verontreinigingen, resultaten direct afleesbaar.	— enkel in kaart brengen van vluchtige verbindingen; — niet geschikt om stort in kaart te brengen.
Camerasonde	volume	laterale en verticale uitbreiding stortplaats	— digitale opname	— minder geschikt op locaties met ondergrondse infrastructuur.

Tabel 15: Overzicht voor- en nadelen alternatieve onderzoekstechnieken stortplaatsen

De onderzoekstechnieken weergegeven in de bovenstaande tabel worden in de volgende hoofdstukken uitgebreider toegelicht op basis van volgende selectiecriteria:

- Techniek;
- Praktische inzetbaarheid;
- Type informatie;
- Voor- en nadelen;
- Kosten.

8.4 Onderzoekstechnieken stortplaatsen

8.4.1 XRF

8.4.1.1 Techniek

De Handheld XRF-analyser is een draagbaar analyseapparaat, dat op basis van röntgen fluorescentietechniek de concentraties van diverse zware metalen in de bodem nauwkeurig kan vaststellen. Het systeem bevat een Röntgenbuis die (wanneer het systeem wordt bediend) Röntgenstraling uitzendt. Deze Röntgenstraling exciteert in een atoom een elektron naar een hogere schil. Wanneer dit elektron terugvalt naar een lagere schil wordt door het atoom Röntgenstraling uitgezonden. De energie van deze Röntgenstraling wordt gemeten door de XRF-analyser en is kenmerkend voor het atoom dat onderzocht wordt. Met een XRF kunnen de elementen Mg(11) tot en met U (92) worden gemeten.

Door een goede ijking (afhankelijk van het medium dat onderzocht wordt) zijn de gemeten energieën te kalibreren naar gehalten in mg/kg.



Figuur 30: XRF-analyser. Bron: Medusa

8.4.1.2 Praktische inzetbaarheid

Het meetsysteem is draagbaar met een batterijduur van ongeveer 1 dag. Voor plaatsbepaling van de metingen is een aanvullende (RTK)GPS of kaartmateriaal nodig.

Het monstermateriaal wordt verkregen door middel van een boring of het graven van een sleuf. De methode is al veel toegepast, bv. bij het onderzoek naar bodemassen in de Kempen.

8.4.1.3 Type informatie

Het meetsysteem geeft direct gehalten van zware metalen in het meetvolume. Deze gehalten zijn in mg/kg in het monster. Wanneer de monsters erg nat zijn moeten de waarden voor het vochtgehalte worden gecorrigeerd om absolute gehalten droge stof te verkrijgen.

8.4.1.4 Voor- en nadelen

Het systeem is zeer goed hanteerbaar in het veld, metingen kunnen snel worden uitgevoerd. Omdat de XRF-analyser gebruik maakt van een Röntgenbuis, valt het apparaat onder de wetgeving inzake kernenergie. Binnen het bedrijf dat de XRF toepast moet daarom een stralingsdeskundige aanwezig zijn. In Nederland kan het meetsysteem zonder vergunning worden ingezet, *in België is een Oprichtings- en exploitatievergunning nodig van het Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle (FANC)*. Hiervoor moet aan bepaalde eisen worden voldaan, onder andere een regelmatige controle van het juist en veilig gebruik van de XRF door een erkende instelling.

8.4.1.5 Kosten

Op een dag kunnen 50-80 metingen worden uitgevoerd. De kosten per dag meten (zonder reizen- en verblijfskosten) zijn ongeveer € 1000 - € 1500. Dit is exclusief de kosten voor het nemen van bodemonsters.

Bronnen:

R. Koomans, 2012. Non-destructieve meettechnieken voor onderzoek naar de opbouw, inhoud en samenstelling van een stortplaats. 11 p. Medusa.

<http://www.tauw.nl/expertise/bodem/voor-bedrijven/bodemonderzoek/handheld-xrf-de-vele-toepassingen/>

<http://www.bodemrichtlijn.nl/Bibliotheek/bodemonderzoek/onderzoekstechnieken/onderzoekstechniek-xrf>

<http://epa.gov/superfund/lead/products/xrffaqs.pdf>

<http://www.clu-in.org/characterization/technologies/xrf.cfm>

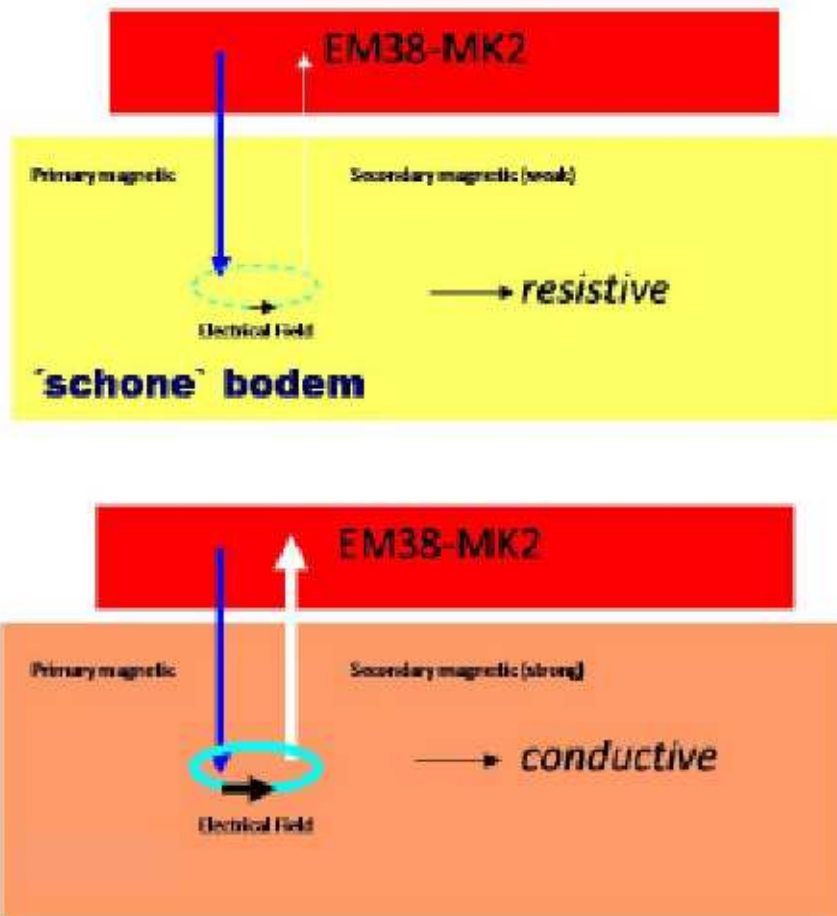
<http://www.geotechnical.net/xrf-soil-analysis.shtml>

8.4.2 EM

8.4.2.1 Techniek

Met een Electro-Magnetisch (EM) systeem wordt de variatie in elektrische geleidbaarheid van de ondergrond gemeten. De EM38-MK2 zendt een magnetisch veld uit ('primary magnetic'), waardoor een elektrisch veld in de bodem wordt opgewekt (zie figuur 2). Dit elektrisch veld genereert op zijn beurt weer een magnetisch veld ('secondary magnetic') die door de EM sensor wordt gemeten.

De grootte van het elektrisch veld in de bodem wordt bepaald door verschillende factoren als porositeit, aanwezigheid metaalhoudende deeltjes, bodemvocht, mate van saturatie, temperatuur, de aanwezigheid van klei met een hoge cation exchange capacity (CEC) en het voorkomen van slakken, metaalresten.



Figuur 31: de EM38-MK2 zendt een magnetisch veld uit ('primary magnetic'), waardoor een elektrisch veld in de bodem wordt opgewekt. Dit elektrisch veld genereert op zijn beurt weer een magnetisch veld ('secondary magnetic') die door de EM sensor wordt gemeten. Bron: Medusa

8.4.2.2 Praktische inzetbaarheid

Een EM sensor kan aan een GPS worden gekoppeld en zo over het stortlichaam worden bewogen. Goede resultaten worden behaald wanneer het systeem wordt gedragen tijdens het lopen, maar met goede afscherming is het systeem ook achter een voertuig te monteren. Wanneer het systeem achter een voertuig is gemonteerd (bijvoorbeeld een quad) kan in een dag een oppervlakte van 25 ha met 5 m resolutie in beeld worden gebracht. Wanneer wordt gestapt is, afhankelijk van terreincondities, het oppervlak ongeveer 7 ha bij een 5 m resolutie.

De techniek wordt geregeld toegepast bij onderzoek naar metalen voorwerpen in de bodem, (voormalige)stortplaatsen en grondwaterverontreinigingen (ligging pluim of slootdemping). De techniek is ook inzetbaar bij het opsporen van ondiepe delfstoffen (3-50 m diepte afhankelijk van de grondsoort) en geologische laagscheidingen. De resultaten moeten met boringen geverifieerd worden. Het terrein moet wel begaanbaar zijn en de techniek is niet in te zetten op locaties waar bijvoorbeeld kabels, leidingen, gewapende funderingen, industrieplaten aanwezig zijn. De techniek lijkt zeker geschikt bij het vaststellen van de aanwezigheid en mogelijke dikte van een deklaag op een stortplaats.



Figuur 32: EM sensor. Bron: <http://www.geophysical.biz/>

8.4.2.3 Type informatie

De metingen van EM kunnen vertaald worden naar variatiekaarten van de uitbreiding van het stortlichaam, variatie in samenstelling van het stortlichaam, variatie in vochtgehalte. De resultaten zijn kwalitatief en er zijn boringen nodig om de resultaten te interpreteren.

8.4.2.4 Voor- en nadelen

De metingen zijn snel, dataverwerking is relatief eenvoudig en het geeft informatie over de variatie (kwalitatief) in opbouw van het stort. De meting geeft geen kwantitatieve informatie over het stortlichaam. Bovendien is deze techniek niet in te zetten op locaties waar kabels, leidingen gewapende funderingen en/of metaalhoudend materiaal aan het oppervlak aanwezig zijn.

8.4.2.5 Kosten

De dataverwerking is ongeveer 1 dag per meetdag. De kosten voor een dag meten (met gebruik van GPS) zijn ongeveer € 2000-€ 3000.

Bronnen:

R. Koomans, 2012. *Non-destructieve meettechnieken voor onderzoek naar de opbouw, inhoud en samenstelling van een stortplaats*. 11 p. Medusa.

<http://www.bodemrichtlijn.nl/Bibliotheek/bodemonderzoek/onderzoekstechnieken/onderzoekstechniek-elektromagnetische-metingen>

http://www.clu-in.org/conf/tio/geophysical_121201/prez/1024x768/ppframe.cfm?date=35&simul=1

http://www.duurzaamstorten.nl/webfiles/DuurzaamStortenNL/files/Cofi_Minder_zorgen_om_stortplaatsen_-_hoofdrapport_-_def_zonder_handtekeningen.pdf

8.4.3 TEM

8.4.3.1 Techniek

Tijdsdomein Elektromagnetische metingen (TEM) zijn metingen die gebaseerd zijn op elektromagnetische (EM) velden. Een primair EM veld wordt gedurende een periode opgewekt met een zendspoel. Nadat het systeem plotseling is uitgezet, wordt er gemeten hoe het in de ondergrond opgewekte EM-veld verandert met de tijd, op deze wijze wordt een diepteprofiel van de elektrische weerstand van de ondergrond verkregen.

8.4.3.2 Praktische inzetbaarheid

TEM is slecht toepasbaar ter hoogte van een terrein met obstakels (bomen en/of struiken) als een grotere spoel wordt gebruikt. De diepte is afhankelijk van grondsoort, een typisch bereik in Nederland is 3-1000 m. De nauwkeurigheid van de metingen hangt af van de lokale omgevingsruis, de gebruikte spoelafstanden, frequentie etc. Bij een goede voorkennis van de lokale geologie zijn mogelijke effecten van verontreiniging beter te modeleren, wat de nauwkeurigheid verhoogt.

De techniek wordt gebruikt voor het opsporen van verontreinigingen in grondwater en de begrenzing van een pluim. De resultaten moeten met boringen en peilbuizen geverifieerd worden. De techniek kan niet worden ingezet op locaties waar kabels, leidingen gewapende funderingen en/of metaalhoudend materiaal aan het oppervlak aanwezig zijn. De techniek is voor onderzoek op een stortplaats minder geschikt. De toepassing is beter geschikt voor de grondwaterpluim stroomafwaarts van een stortplaats.

8.4.3.3 Type informatie

Er wordt een 2D/3D model van de schijnbare elektrische weerstand van de ondergrond in Ohm-meter bekomen, zodat op relatief grotere diepte verontreinigingen in beeld kunnen gebracht worden (als een ondergrond beter geleidt kan dit, bij gelijkblijvende bodemopbouw, een indicatie zijn van verontreinigingen) en verontreinigingscontouren van grondwaterpluimen of een drijf- of zaklaag.

8.4.3.4 Voor- en nadelen

De metingen zijn snel, dataverwerking is relatief eenvoudig en het geeft informatie over de variatie (kwalitatief) in opbouw van het stort. De meting geeft geen kwantitatieve informatie over het stortlichaam. Bovendien is deze techniek niet in te zetten op locaties waar kabels, leidingen gewapende funderingen en/of metaalhoudend materiaal aan het oppervlak aanwezig zijn.

8.4.3.5 Kosten

In de regel kunnen enkele (maximaal ca 30) metingen per dag opgenomen worden. De kostprijs bedraagt € 2.000 tot € 5.000 per meetdag, inclusief interpretatie en rapportage.

—

Bronnen:

<http://www.bodemrichtlijn.nl/Bibliotheek/bodemonderzoek/onderzoekstechnieken/onderzoekstechniek-elektromagnetische-metingen-nano-tem>

8.4.4 Grondradar

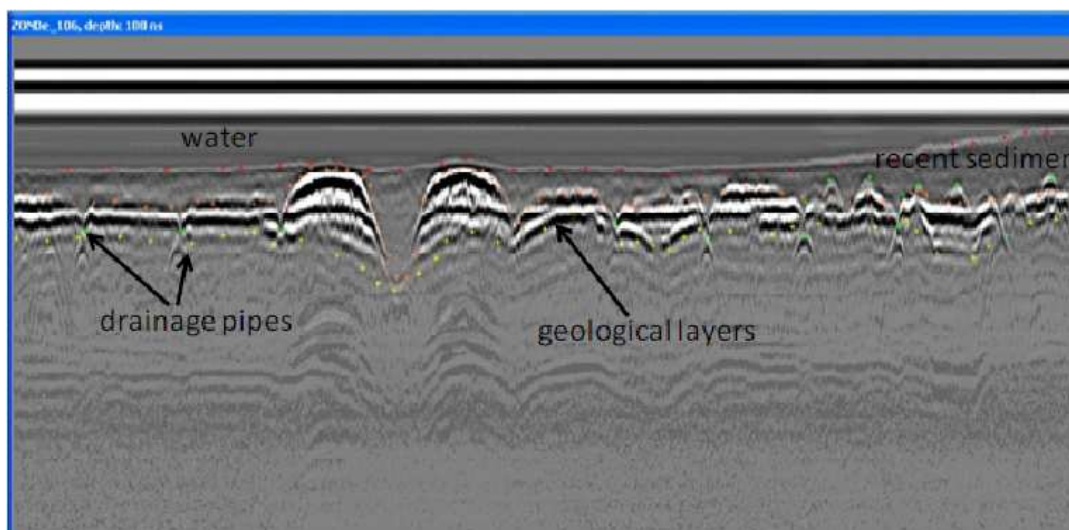
8.4.4.1 Techniek

Een grondradarsysteem bestaat uit een combinatie van een elektromagnetische zender en ontvanger. Bij het meten wordt een hoogfrequente radiopuls door de zendspoel uitgezonden en gereflecteerd op bepaalde lagen of objecten in de bodem, die andere elektromagnetische eigenschappen hebben dan de bodem eromheen. De meting legt de looptijd van de radiopuls vast tussen het moment van uitzenden en het moment van ontvangst van een reflectie. De looptijd wordt bepaald door de diepte van het object waarop de reflectie plaatsvindt, waarbij de voortplantingssnelheid van de radargolf in de grond afhangt van de diëlectrische constante van de bodem. De methode is enigszins vergelijkbaar met seismische metingen, waarbij een uitgezonden geluidsgolf weerkaatst op bodemlagen of objecten met verschillende dichtheden.

In de praktijk wordt met het grondradar systeem bewegend een semicontinue meting uitgevoerd: tientallen keren per seconde wordt een puls uitgezonden en wordt de looptijd van de reflecties (en daarmee de diepte van de reflector) geregistreerd. Tegelijkertijd wordt de positie van het systeem vastgelegd met een dGPS systeem. De metingen worden al rijdend/lopend uitgevoerd.

De kwaliteit van metingen met een grondradar wordt vooral bepaald door de geleidbaarheid van de bodem: in een ondergrond met een relatief hoge geleidbaarheid zal het signaal snel afzwakken met de diepte, waardoor minder sterke reflecties worden waargenomen bij de ontvanger aan de oppervlakte.

Ook de keuze van het radarsysteem speelt een belangrijke rol in de kwaliteit van metingen: de amplitude van een signaal met een relatief hoge frequentie (1 GHz) neemt eerder af met de diepte dan de amplitude van een relatief lage frequentie (300 MHz). Dit betekent dat een hoogfrequent signaal een beter onderscheidend vermogen heeft in de bovenste lagen, maar dat de penetratiediepte een stuk minder is dan bij een systeem met een laagfrequent signaal. Bij het zoeken naar bepaalde objecten moet dus rekening gehouden worden met op welke diepte deze objecten gevonden zullen worden en wat de omvang ervan is.



Figuur 33: Voorbeeld van een radarmeting. De drainagebuizen worden gekenmerkt door een parabool. Bron: Medusa

8.4.4.2 Praktische inzetbaarheid

Met een grondradar kan zowel lopend als rijdend worden gemeten. Lopend wordt een karretje over het gebied bewogen, dit is bijvoorbeeld geschikt om tuinen of kleine locaties in beeld te brengen. Positionering van deze meting kan met (RTK)GPS plaatsvinden of met een meetwiel wanneer er geen GPS-bereik is. Rijdend wordt de sensor achter een voertuig (bijvoorbeeld een quad) gehangen en worden zo de metingen uitgevoerd. Hiermee kunnen in een dag grote gebieden in kaart worden gebracht. Op goed toegankelijke landbouwpercelen kan op deze manier 25 ha per dag gebiedsdekkend worden ingemeten.



Figuur 34: Voorbeeld van een lopende meting met een GPR en een meting waarbij de GPR (houten omhulsel) achter een quad wordt gesleept. Bron: Medusa

De techniek is geschikt voor het in kaart brengen en/of volgen van laagscheidingen en het opsporen van objecten in de bodem (kabels, leidingen, opslagtanks, funderingen). Het terrein moet wel goed toegankelijk zijn en uitgevlakt. Als het gebruikt wordt om verontreinigingcontouren in kaart te brengen, dienen de resultaten geverifieerd te worden met boringen en peilbuizen. Een hoog klei- of zoutgehalte beperkt het dieptebereik van het onderzoek. Bij stortplaatsen lijkt deze methode vooral geschikt voor het in kaart brengen van de deklaag, mits goed uitgevlakt, en de grondwaterpluim stroomafwaarts van de stortplaats.

8.4.4.3 Type informatie

Met een grondradarsysteem wordt informatie ingewonnen over de opbouw van het stortlichaam en de aanwezigheid van objecten of bodemvreemde materialen. In het stortlichaam kunnen laagovergangen in beeld worden gebracht (bijvoorbeeld de dikte van een afdekkende laag) en de laterale uitbreiding van het stort kan worden ingemeten.

8.4.4.4 Voor- en nadelen

In de radarbeelden zijn objecten als parabolen zichtbaar. Door wat voor objecten deze parabolen worden gevormd is op basis van de beelden alleen niet zichtbaar. In gebieden waar veel grind voorkomt, kan het grind vergelijkbare signalen geven als gestorte bakstenen. Om de resultaten te duiden is een destructief onderzoek nodig, de resultaten kunnen echter wel worden gebruikt om dit destructieve onderzoek te sturen. Het bereik van een grondradarsysteem is (afhankelijk van bodemsoort, type radar) 3-6 meter. Bij stortplaatsen is het daarom niet altijd mogelijk om ook de onderkant van het stort in te meten.

8.4.4.5 Kosten

Afhankelijk van de vraagstelling zijn voor een grondradar onderzoek vaak 2-3 dagen analyse nodig per veldwerkdag. Metingen met een quad kunnen door 1 persoon worden uitgevoerd, voor lopende metingen zijn vaak 2 personen nodig. De kosten per gemeten dag zijn € 3000 - € 4500

Bronnen:

R. Koomans, 2012. Non-destructieve meettechnieken voor onderzoek naar de opbouw, inhoud en samenstelling van een stortplaats. 11 p. Medusa.

http://www.gouda.nl/gemeente/Wonen/Projecten/Nieuw_bouw/Zwembad_nieuwbouw/Documenten/Medusa_Non_destructief_bodemonderzoek

<http://www.bodemrichtlijn.nl/Bibliotheek/bodemonderzoek/onderzoekstechnieken/onderzoekstechniek-grondradar-gpr>

http://www.clu-in.org/conf/tio/geophysical_121201/prez/1024x768/ppframe.cfm?date=35&simul=1

<http://www.clu-in.org/characterization/technologies/gpr.cfm>

http://www.duurzaamstorten.nl/webfiles/DuurzaamStortenNL/files/Cofi_Minder_zorgen_om_stortplaatsen_-_hoofdrapport_-_def_zonder_handtekeningen.pdf

8.4.5 Magnetometer

8.4.5.1 Techniek

Een magnetometer meet de sterkte van het aardmagnetisch veld. De sterkte van het aardmagnetisch veld kan variëren door de aanwezigheid van metalen in de ondergrond. Deze sterkte wordt uitgedrukt in Tesla. Door deze sterkte van het aardmagnetisch veld al lopend in kaart te brengen en de locaties aan posities te koppelen, kan een kaart worden gemaakt van de variaties in het aardmagnetisch veld. Deze variatiekaart kan worden gebruikt voor het nemen van monsters of het graven van proefsleuven. Naast de ruimtelijk variërende magnetische straling van de aarde, wordt ook magnetische straling door de zon uitgezonden. Deze straling varieert met de tijd. Wanneer met een enkelvoudige magnetometer wordt gemeten, moet hiervoor worden gecorrigeerd, bijvoorbeeld door de continue temporele veranderingen op een nabij punt te meten. Een andere manier om te corrigeren voor de temporele variaties is door een gradiometer te gebruiken. Een gradiometer is een systeem met twee magnetometers boven elkaar die een verschilmeting (als gevolg van verschil in hoogte boven de bodem) meet.



Figuur 35: Voorbeeld van een gradiometer magnetometer in de praktijk. Bron: Medusa

8.4.5.2 Praktische inzetbaarheid

Door de grote gevoeligheid van de gebruikte magnetometer veroorzaakt elk metaal dat in de buurt van de sensor komt een verstoring in het magnetisch veld (zelfs mobiele telefoons, sleutels, kleingeld en overige kleine metalen voorwerpen geven een zichtbare verstoring in het magnetometersignaal). Hierdoor is het complex om de storende invloed van een voertuig op het magnetische veld te elimineren. Daarom worden metingen vaak lopend verricht, of worden de magnetometers op afstand, op een plastic karretje, achter een quad gesleept.

De techniek is nuttig bij onderzoek naar de ligging van puinophogingen, slotdempingen of onderzoek naar niet-ontploffte explosieven (blindgangers) en andere bodemvreemde objecten. Het onderzoek moet geverifieerd worden met boringen en peilbuizen.

8.4.5.3 Type informatie

Een magnetometer is gevoelig voor metalen objecten in de ondergrond. Deze objecten zullen als anomalieën in het magnetometerbeeld zichtbaar zijn. Uit een magnetometer onderzoek komt een kaart waarop anomalieën, al dan niet omgerekend naar diepte en grootte van objecten staan. Het dieptebereik is 3 tot 10 meter.

8.4.5.4 Voor- en nadelen

Een magnetometer is gevoelig voor ijzeren objecten en zal hierdoor vooral een anomaliekaart geven. De meting is erg gevoelig voor objecten in de omgeving en zal in stedelijk gebied storingen geven.

8.4.5.5 Kosten

Om van een magnetometer meting naar een kaart met anomalieën te komen, is voor 1 dag meten meestal 1 - 2 dagen data verwerken nodig. De kosten voor een onderzoek zijn per meetdag € 2000 - € 3000.

Bronnen:

R. Koomans, 2012. Non-destructieve meettechnieken voor onderzoek naar de opbouw, inhoud en samenstelling van een stortplaats. 11 p. Medusa.

<http://www.bodemrichtlijn.nl/Bibliotheek/bodemonderzoek/onderzoekstechnieken/onderzoekstechniek-magnetometrie>

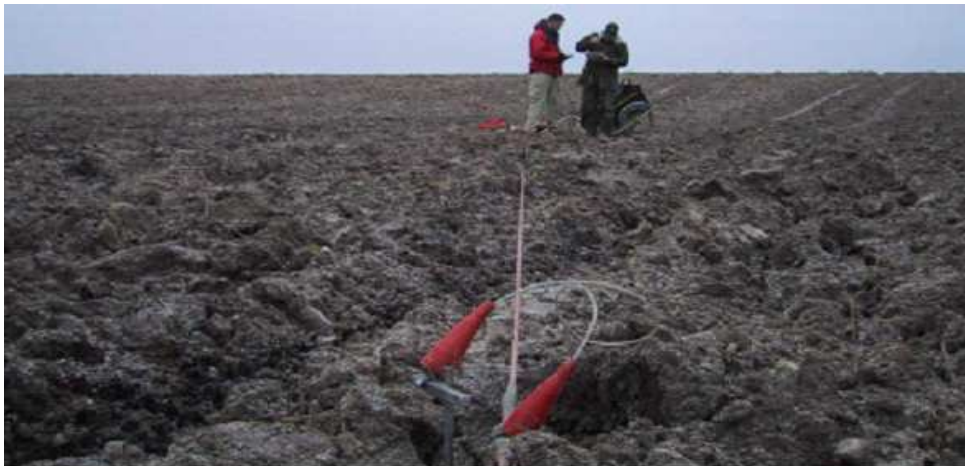
http://www.clu-in.org/conf/tio/geophysical_121201/prez/1024x768/ppframe.cfm?date=35&simul=1

http://www.duurzaamstorten.nl/webfiles/DuurzaamStortenNL/files/Cofi_Minder_zorgen_om_stortplaatsen_-_hoofdrapport_-_def_zonder_handtekeningen.pdf

8.4.6 Geo- elektrische tomografie

8.4.6.1 Techniek

Bij geo-elektrische potentiaaltomografie worden een groot aantal elektroden op gelijke afstanden van elkaar langs een lijn gebracht. Een spanningsverschil, teweeggebracht door een stroom die in de ondergrond wordt gestuurd door middel van twee stroomelektroden, wordt tussen twee potentiaalelektroden gemeten. De metingen worden gestuurd door een microprocessor, waarbij een multiplexer telkens de 4 elektroden selecteert. De afstand tussen de twee geselecteerde elektroden neemt stapsgewijs toe, en zo ook de indringingsdiepte. Rekening houdend met de lithologische opbouw van de ondergrond en de overeenstemmende natuurlijke achtergrondwaarden, kan de verontreiniging, die een verandering in resistiviteit teweeg brengt, langs het profiel verticaal en lateraal begrensd worden.



Figuur 36: Geo-elektrische

tomografie. Bron: <http://www.cowi.com/menu/service/WaterandEnvironment/Waterandnaturalresourcesmanagement/geologyandgeophysics/Geophysicalinvestigations/Resistivity/Pages/Resistivity.aspx>

8.4.6.2 Praktische inzetbaarheid

In tegenstelling tot de elektromagnetische profilering, dienen bij deze methode de elektroden in de ondergrond geplaatst te worden en is een goede geleiding van de ondergrond noodzakelijk, zodat deze toepassing niet mogelijk is op verharde ondergrond. Deze methode kan aanvullend

aangewend worden na de uitvoering van elektromagnetisch profileringen voor enkele geselecteerde profielen waarvoor detail gewenst is, gezien haar kwantitatieve resultaten.

De techniek wordt voornamelijk ingezet op grondwateronderzoek (diepteligging zoet/zout grensvlak) en onderzoek naar de ligging van grondwaterpluimen. Bij stortplaatsen kan het worden ingezet bij het onderzoek naar diepere (> 20 meter) grondwaterpluimen. Er is aanvullend onderzoek nodig met peilbuizen. De techniek ondervindt storing op locaties waar kabels, leidingen, gewapende funderingen etc. aanwezig zijn.

8.4.6.3 Type informatie

De resultaten van geo-elektrische tomografie leveren een gedetailleerde verdeling van resistiviteiten in functie van de diepte langsheen het profiel. De gegevens worden vervolgens via een rekenmodel omgezet ('geïnverteerd') naar een lagenmodel van de ondergrond. In vergelijking met de elektromagnetische methode wordt er dus een diepte-dimensie toegevoegd. De elektrische weerstanden zijn een resultante van de ondergrondeigenschappen (bijvoorbeeld lithologie, type stortmateriaal) en de samenstelling van het grondwater (zoutgehalte), dan wel het percolaat.

Het dieptebereik is afhankelijk van de grondsoort 3 tot 200 meter.

8.4.6.4 Voor- en nadelen

De geo-elektrische tomografie heeft dezelfde voordelen als de elektromagnetische profilering: ze is niet destructief en contact met de verontreiniging is er niet.

Een verharde ondergrond vormt een belemmering. Een stort vormt doorgaans geen probleem, tenzij er folie gebruikt wordt. De elektroden dienen dan door de folie gestoken te worden, waardoor de afdichting van het stort in gedrang komt.

8.4.6.5 Kosten

Door de beperktere meetsnelheid dan de elektromagnetische profilering is het aanbevolen vooreerst een elektromagnetische verkenning uit te voeren, op basis waarvan profielen voor geo-elektrische tomografie worden geselecteerd. De kostprijs bedraagt € 4.000 tot € 6.000 voor één meetdag, inclusief interpretatie en rapportage of € 2000 - € 5000/km.

Bronnen:

Laboratorium voor Toegepaste Geologie en Hydrogeologie Universiteit Gent. 2012. Geofysische prospectie t.b.v. enhanced landfill mining - stortplaats Hasselt (Kermt). 58 p.

K. Martens en K. Walraevens, 2007. Gebruik van geofysische prospectie in het kader van bodem- en grondwaterverontreiniging. Laboratorium voor Toegepaste Geologie en Hydrogeologie Universiteit Gent. 6 p.

http://www.clu-in.org/conf/tio/geophysical_121201/prez/1024x768/ppframe.cfm?date=35&simul=1

<http://www.bodemrichtlijn.nl/Bibliotheek/bodemonderzoek/onderzoekstechnieken/onderzoekstechniek-elektrische-weerstandsmetingen-ves>

http://www.duurzaamstorten.nl/webfiles/DuurzaamStortenNL/files/Cofi_Minder_zorgen_om_stortplaatsen_-_hoofdrapport_-_def_zonder_handtekeningen.pdf

8.4.7 RTC-GPS

8.4.7.1 Techniek

Een RTK-GPS maakt, naast van de aanwezige GPS satellieten, gebruik van een correctie signaal. Deze signalen worden landelijk aangeboden (in België bijvoorbeeld Flepos), of kunnen lokaal worden gemeten. Door deze correctie kan een RTK-GPS ook nauwkeurige hoogtemetingen doen en kan een digitaal terreinmodel van het stortlichaam worden gemaakt.

8.4.7.2 Praktische inzetbaarheid

Een RTK-GPS kan lopend worden ingezet, of kan op een voertuig worden gemonteerd. Wanneer het systeem wordt gereden, zal de nauwkeurigheid lager worden. Het is een nauwkeurige (0,1 m) techniek om de x,y,z-coördinaten van het maaiveld van een stortplaats in kaart te brengen.

8.4.7.3 Type informatie

Hoogte van de bodem (volume bepaling), veranderingen in hoogte van het maaiveld.

8.4.7.4 Voor- en nadelen

Eenvoudige meting, geeft beperkte informatie.

8.4.7.5 Kosten

Voor het uitvoeren van 1 dag veldwerk zijn de kosten voor opleveren van gegevens € 1000 - € 1500.

Bronnen:

R. Koomans, 2012. Non-destructieve meettechnieken voor onderzoek naar de opbouw, inhoud en samenstelling van een stortplaats. 11 p. Medusa.

8.4.8 MIP-CPT

Het MIP-CPT systeem (Membrane Interface Probe - Cone Penetrating Testing Technology) bestaat uit een sonde die in de bodem wordt gedrukt naar een bepaalde diepte. Daar wordt de bodem verwarmd opdat aanwezige chloorhoudende oplosmiddelen sneller door een semi-permeabel membraan diffunderen naar een gasstroom. Vervolgens worden de gehalten in-situ met detectoren gemeten. De metingen zijn direct zichtbaar en digitaal beschikbaar. Ook de bodemopbouw wordt vastgelegd met een sondeergrafiek.

De gebruikte detectoren bepalen een breed scala aan chloorhoudende oplosmiddelen inclusief, aromatische koolwaterstoffen, per, tri, cis vinylchloride en alifaten (methaan).



Figuur 37: MIP-CPT. Bron: <http://www.kbmobilelabs.com/pages/mip.htm>

8.4.8.1 Praktische bereikbaarheid

Er kan een compleet beeld van de verontreinigingssituatie worden bekomen, zowel in verzadigde als in onverzadigde bodem. De boorkop moet voldoende sterk zijn. Met de Geoprobe-MIP kan onder ideale omstandigheden tot ca. 25 m diepte gemeten worden, met de Fugro's MIP sonderingen daarentegen kan tot ca. 50 m diepte gemeten worden.

De locatie moet bereikbaar zijn voor het voertuig dat de sondering uitvoert. Sonderingen zijn minder geschikt voor onderzoek op een stortplaats in verband met mogelijke schade aan de meetconus. De grondwaterpluim stroomafwaarts van de pluim kan wel onderzocht worden.

8.4.8.2 Type informatie

De gemeten gehalten aan vluchtige gehalogeneerde organische verbindingen worden weergegeven als functie van de diepte in ppm. MIP-CPT heeft een relatief hoge detectiegrens (vanaf ca. 100 µg/l). Het betreft een continue meting.

8.4.8.3 Voor- en nadelen

De voordelen van de MIP-Probe zijn dat on-line data verkregen worden, waardoor de onderzoeksopzet in het veld kan worden bijgestuurd en de hoge productiviteit zodat een verontreiniging snel in kaart kan worden gebracht.

8.4.8.4 Kosten

Direct resultaat met 100 tot 150 meter bodemprofiel per dag met een kostprijs van ca. € 9.000 - € 12.000 per dag.

Bronnen:

<http://www.mwh.nl/mwhnews/2/havens-en-industrie>

<http://www.bodemrichtlijn.nl/Bibliotheek/bodemonderzoek/onderzoekstechnieken/onderzoekstechniek-membrane-interface-probe-mip>

<http://www.milieusondering.nl/meettechniek/mip.asp>

<http://www.milieusondering.nl/meettechniek/mip.asp>

http://www.citychlor.eu/sites/default/files/citychlor_pilot_enissa_spinnerijkaai_kortrijk_20120629.pdf

8.4.9 UV Fluorescentiemeting – ROST

8.4.9.1 Techniek

Het betreft een optische onderzoeksmethodiek. Een meetsonde detecteert aromatische koolwaterstoffen door middel van de Laser Induced Fluorescence (LIF) techniek. Die techniek is gebaseerd op fluorescentie: aromatische koolwaterstoffen absorberen UV-licht en zenden dat vervolgens weer bij een specifieke golflengte uit.



Figuur 38: UV-fluorescentiemeting. Bron: <http://pubs.usgs.gov/fs/2003/fs028-03/images/truck.jpg>

8.4.9.2 Praktische inzetbaarheid

Een UV fluorescentiemeting kan toegepast worden tijdens het uitvoeren van een traditionele sondering. Obstructies in de bodem beperken echter de sondeerdiepte. Een typisch dieptebereik is 40 m. Elke 2 cm worden 50 fluorescentiemetingen uitgevoerd.

De locatie moet bereikbaar zijn voor een sondeervoertuig. De techniek is minder geschikt voor toepassing op een stortplaats in verband met mogelijke schade aan de meetconus. De techniek is wel geschikt voor het onderzoek naar de grondwaterpluim stroomafwaarts van een stortplaats. De techniek wordt toegepast bij het uitkarteren van puur product van PAK-houdende olieproducten. De metingen moeten geverifieerd worden met boringen en peilbuizen.

8.4.9.3 Type informatie

Een UV fluorescenciemeting geeft als resultaat een uitkartering van puur product met PAK en daaraan gerelateerde componenten tijdens het uitvoeren van een traditionele sondering.

8.4.9.4 Voor- en nadelen

Een nadeel is dat obstructies in de bodem de sondeerdiepte kunnen beperken.

8.4.9.5 Kosten

De kostprijs bedraagt € 3.500 tot € 4.500 per dag waarbij 100 tot 150 meter (verticaal) per dag mogelijk is, verspreid over meerdere meetpunten.

Bronnen:

<http://www.bodemrichtlijn.nl/Bibliotheek/bodemonderzoek/onderzoekstechnieken/onderzoekstechniek-uv-fluorescenciemeting-rost>

8.4.10 Luminescentie NIR (near infrared reflectometry)

8.4.10.1 Techniek

Een NIR meetsysteem is een apparaat waarbij opgeboorde monsters direct geanalyseerd kunnen worden op het gehalte aan enkele verontreinigingen. De NIR moet een half uur opwarmen voor gebruik. Bij aanvang van de metingen wordt voor elke te analyseren stof een calibratielijn vastgesteld. Hiervoor zijn in theorie 40 monsters nodig die chemisch geanalyseerd moeten worden in een laboratorium. Vervolgens kan het te analyseren monster voor de lens worden gehouden. De techniek maakt gebruik van lichtstraling die tegen infrarood aanligt. Het apparaat is in de hand te houden tijdens het werken. Door gebruik te maken van het meten van de straling die het monster reflecteert kan worden bepaald in welke mate er sprake is van een verontreiniging door zware metalen. Het monster hoeft niet te worden voorbehandeld.



Figuur 39: uminescentie NIR. Bron: <http://www.bodemrichtlijn.nl/Connect/bodemonderzoek/fts061-1>

8.4.10.2 Praktische inzetbaarheid

Bij aanvang van de metingen wordt voor elke te analyseren stof een calibratielijns vastgesteld. De meetbaarheid is afhankelijk van de snelheid van het te analyseren materiaal, in de praktijk vergelijkbaar met conventionele monstername. Deze methode wordt nog niet veel toegepast, waar dit gebeurt, is dat vooral bij het uitkarteren van aangetroffen verontreinigingen en als controlemeting bij saneringen. Voor zware metalen is de NIR geschikt, andere verontreinigende stoffen zijn (nog) niet meetbaar met deze methode.

De meting vindt plaats na monstername door bijvoorbeeld boringen en sleuven. Bij een stortplaats zou het geschikt voor het bepalen van de kwaliteit van een deklaag. De techniek is ook op andere materialen dan grond toepasbaar.

8.4.10.3 Type informatie

Bij het toepassen van de NIR worden de gehalten aan verontreinigingen (vnl. zware metalen) in het vaste deel van de aarde op ppm niveau bepaald (mg/kg ds).

8.4.10.4 Voor- en nadelen

De resultaten van de luminescentie NIR meting zijn onmiddellijk in het veld beschikbaar.

8.4.10.5 Kosten

De kostprijs bedraagt € 50 tot € 75 per monster, afhankelijk van het aantal monsters.

8.4.11 Gamma Spectrometer

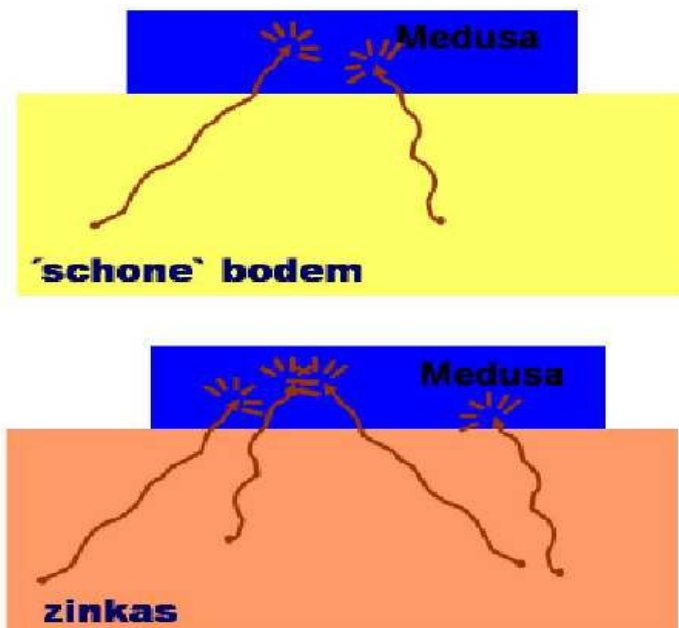
8.4.11.1 Techniek

De sensor meet de natuurlijke radioactiviteit in de toplaag van de (water)bodem. Een gamma spectrometer meet de (van nature voorkomende) radioactieve straling uit de grond. Deze straling is afkomstig van de langlevende isotopen van kalium (40K), uranium (238U) en thorium (232Th). Daarnaast zijn er zeer lage concentraties cesium (137Cs) in de grond aanwezig, uit de fallout ten gevolge van het ongeluk met de nucleaire reactor in Chernobyl (1986) en de bovengrondse kernproeven in de vroege jaren '60 van de vorige eeuw. Al deze radioactieve stoffen komen in zeer lage concentraties voor in de bodem, en vormen qua straling geen gevaar voor de volksgezondheid. Uit onderzoek is gebleken dat verschillende mineralen en bodemtypen kunnen worden onderscheiden doordat ze verschillen in concentraties 40K, 238U en 232Th. Dit verschijnsel noemt men de "radiometrische vingerafdruk"¹ van een mineraal. De mate waarin de mineralen verschillen is afhankelijk van het soort mineraal (kleimineralen zijn anders dan zinkerts), van de afkomst (graniet uit de Alpen is anders dan Schots graniet) en van de ouderdom (erosie van mineralen leidt onder meer tot het uitwassen van radioactieve isotopen). Ook (zink)assen en sintels bevatten concentraties van radioactieve elementen die afwijken van normale bodems

Het veldsysteem voor het meten van radioactiviteit bestaat uit een scintillatiekristal dat in een continue meting de gammastraling die uit de grond komt, vastlegt. Naast de hoeveelheid straling (de intensiteit) meet het systeem ook de energieverdeling (de "kleurenspectra") van de straling. Deze spectra worden – afhankelijk van de instellingen van de apparatuur – 1 tot 10 keer per seconde vastgelegd. Parallel aan de radioactiviteit wordt ook de positie van de sensor gemeten met behulp van een dGPS systeem.

Na de inmeting van de radiometrische samenstelling van de bodem wordt op basis van de veldmetingen een aantal (ongeveer 5-10) bodemmonsters genomen. Van elk van deze monsters wordt in het lab zowel de concentratie radioactieve stoffen bepaald, als ook de textuur

en (indien gewenst) de chemische kwaliteit. Door de fysisch/chemische eigenschappen van de monsters te relateren aan de nuclidenconcentraties in de monsters, kan (meestal) een verband worden vastgesteld waarmee de veldmeting kan worden vertaald naar bodemeigenschappen.



Figuur 40: Met de Medusa sensor wordt de gammastraling uit de grond gemeten. Zinkas zendt meer straling uit dan 'schone bodem'. Bron: Medusa



Figuur 41: quad met daaraan gemonteerd de Medusa-sensor (achter op de bagagedrager van de quad) en de grondradar (antenne achter de quad). Bron: Medusa

8.4.11.2 Praktische inzetbaarheid

De grootte van het meetsysteem kan worden bepaald op basis van de gekozen meetstrategie. Een groot meetsysteem (4 liter, 15 kilo) heeft een hoge resolutie en zal bijvoorbeeld op een quad worden gemonteerd; een klein meetsysteem (0.3 liter, 1 kilo) kan lopend worden vervoerd. In dit geval wordt de lagere resolutie gecompenseerd door het langzamere meten bij lopen.

De bereikbaarheid van de locatie bepaalt de snelheid van werken. De techniek wordt veel gebruikt bij het in kaart brengen van sedimenttypen in kanalen en rivieren en het vlakdekkend en plaatsspecifiek in kaart brengen van bodemeigenschappen. De techniek lijkt minder geschikt voor toepassing op stortplaatsen. De metingen moeten geverifieerd worden door conventioneel onderzoek.

8.4.11.3 Type informatie

Een stralingsmeting geeft informatie over de aanwezigheid van radioactieve straling (dat kan in te hoge doses een gevaar voor de gezondheid vormen) en geeft indirect informatie over de samenstelling van de bovenste 30 cm van de bodem, aanwezigheid van slakken/assen.

8.4.11.4 Voor- en nadelen

De meting geeft indirecte informatie over de samenstelling van de bodem. Om de metingen te kalibreren naar bodemsamenstelling zijn monsters nodig. De meting is robuust en eenvoudig.

8.4.11.5 Kosten

Voor een meetdag is ongeveer 1 dag verwerking naar stralingskaarten nodig. Deze kaarten kunnen dienen om locaties voor kalibratie-metingen te kiezen. De kosten voor een dag meten (met gebruik van GPS) zijn ongeveer € 2000 - € 3000.

Bronnen:

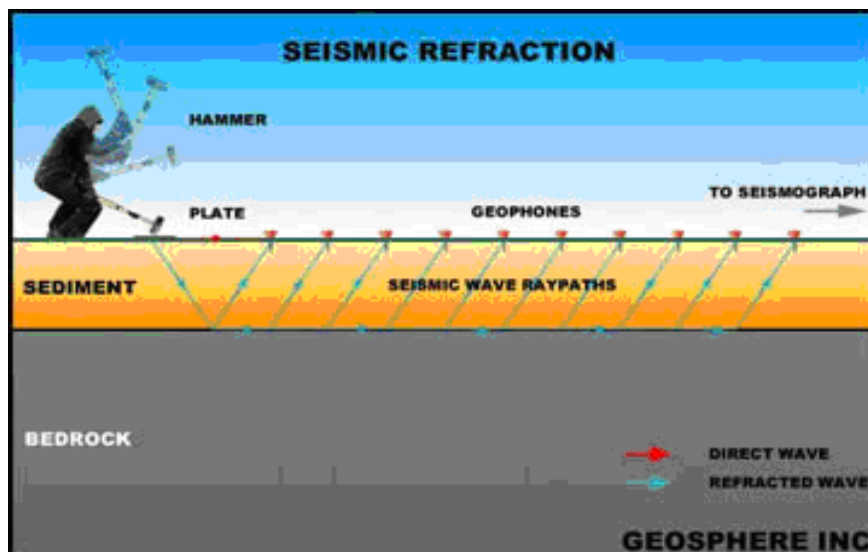
R. Koomans, 2012. Non-destructieve meettechnieken voor onderzoek naar de opbouw, inhoud en samenstelling van een stortplaats. 11 p. Medusa.

<http://www.bodemrichtlijn.nl/Bibliotheek/bodemonderzoek/onderzoekstechnieken/onderzoekstechniek-medusa>

8.4.12 Seismiek (ConsoliTest™)

8.4.12.1 Techniek

Seismiek maakt gebruik van geluidsgolven in de bodem. Op één plaats wordt een geluidsgolf in de bodem gestuurd door de bodem aan het trillen te brengen met een klap of explosie. De geluidsgolf zal door de bodem heen gaan. Dit gaat niet altijd in een rechte lijn. Bij onregelmatigheden in de bodem (veranderingen in bodemsaneringstelling) zal de golf ombuigen of terugkaatsen en zich splitsen in meerdere zwakkere golven met verschillende richtingen. Op enkele 10-tallen meters of meer van de geluidsbron worden al deze golven opgevangen met geofoons (speciale microfoon die in de bodem kan worden geprikt). De zo opgevangen geluiden worden opgeslagen in een computer en met een programma bewerkt en geïnterpreteerd op de aanwezigheid van onregelmatigheden in de bodem. Het resultaat is een dwarsdoorsnede van de bodem waarop deze onregelmatigheden zijn te onderscheiden. Meerdere dwarsdoorsneden zijn te combineren tot een 3D-beeld van de bodem.



Figuur 42: werking seismiek. Bron: <http://earthquake.usgs.gov/learn/glossary/?term=seismic%20reflection%20or%20refraction%20line>

8.4.12.2 Praktische inzetbaarheid

Seismiek wordt voornamelijk ingezet voor het in kaart brengen van de diepere bodemopbouw van enkele 10-tallen meters en dieper) over een relatief groot gebied (veelal groter dan een gemiddelde bodemsaneringslocatie). Geofoons (de ontvangers) moeten een goed contact kunnen maken met de bodem. Gesloten verhardingen moeten hiertoe eerst worden opgebroken. Het dieptebereik bedraagt 1 - 1000 meter.

Het is een bewerkelijke methode. De techniek kan worden gebruikt om verontreinigingscontouren van grondwaterpluimen of een drijf- of zaklaag in kaart te brengen. De resultaten moeten worden geverifieerd met conventioneel onderzoek. Bij een steenachtige ondergrond waarin boren kostbaar is en sonderen niet mogelijk, kan deze methode wel uitkomst bieden. De techniek kan aan maaiveld worden toegepast, maar ook in boorgaten.

8.4.12.3 Type informatie

Er wordt een DTM (digitaal terrein model) bekomen van de verschillende bodemlagen, lengteprofielen, dieptecontouren van laagovergangen of diktekaarten van lagen. Volgende geofysische eigenschappen kunnen bepaald worden:

- dikte/diepte van geologische strata;
- diepte tot steenlaag;
- diepte tot grondwatertafel;
- DTM van de verschillende bodemlagen, lengteprofielen, dieptecontouren van laagovergangen of diktekaarten van lagen.

8.4.12.4 Voor- en nadelen

De resolutie van seismiek is minder dan die van elektromagnetisme of geo-elektrische metingen. Voor de bepaling van een laag moet de dikte van de te bepalen laag voldoende groot zijn zodat ze kan onderscheiden worden.

Een voordeel van deze techniek is dat een opgewekte geluidsgolf zich door de bodem zal voortplanten en terugkaatsten (reflecteren of refracteren) op bodemlagen met een andere akoestische impedantie. In sommige gevallen is het mogelijk om aan de hand van de aard van

de teruggekaatste golven (amplitudevariaties en frequentieverschuivingen) de contouren van mogelijke verontreinigingen aan te geven (zogenaamde directe indicatoren).

8.4.12.5 Kosten

De kostprijs voor het toepassen van seismiek bedraagt € 8.000 - € 15.000 / meetdag, inclusief interpretatie en rapportage. Er kan tot maximaal enkele honderden meters meetlijn per dag worden opgenomen.

Bronnen:

<http://www.bodemrichtlijn.nl/Bibliotheek/bodemonderzoek/onderzoekstechnieken/onderzoekstechniek-seismiek>

http://www.clu-in.org/conf/tio/geophysical_121201/prez/1024x768/ppframe.cfm?date=35&simul=1

http://www.duurzaamstorten.nl/webfiles/DuurzaamStortenNL/files/Cofi_Minder_zorgen_om_stortplaatsen_-_hoofdrapport_-_def_zonder_handtekeningen.pdf

8.4.13 SP meting (self potential/groundtracer)

8.4.13.1 Techniek

De Self potential (SP) techniek is gebaseerd op het feit dat het natuurlijk aanwezige potentiaalveld in de bodem lokale variaties kent. Deze lokale variaties kunnen meerdere oorzaken hebben, zoals de aanwezigheid van dichtheidsverschillen van ionische oplossingen of stromende vloeistoffen met elektrische eigenschappen (bijvoorbeeld grondwaterverontreinigingen). Anders dan bij de grondradar, is dit een passieve meetmethode die deze potentiaalvariaties meet.



Figuur 43: SP meting. Bron: http://www.medusa-surveys.com/nl/methoden/em_radar/43/groundtracer/

8.4.13.2 Praktische inzetbaarheid

Met behulp van een meetvoertuig (bv. Auto, quad, meetkart) of te voet wordt de SP-sensor over de grond voortbewogen. Het terrein moet toegankelijk en vlak zijn. In gebieden met een heterogene ondergrond is de methode minder geschikt.

De methode is geschikt als quick-scan om de contouren van een verontreiniging in een gebied snel in beeld te brengen. Verontreinigingen met lage gehalten worden niet gedetecteerd. Er is altijd conventioneel onderzoek nodig ter verificatie. De techniek lijkt niet direct voor een stortplaats geschikt, maar eerder voor de grondwaterpluim stroomafwaarts indien deze zich ondiep in de bodem bevindt.

8.4.13.3 Type informatie

Met deze technieken kunnen verontreinigingen met zware metalen in het grondwater in kaart worden gebracht, kunnen funderingen en metalen objecten worden opgespoord en kan de vloeistofdichtheid van afvalwatertransportleidingen gemonitord worden (i.c.m. grondradar).

8.4.13.4 Voor- en nadelen

Een nadeel is dat een dieptebepaling niet kan gedaan worden met deze metingen. Het effect van verontreinigingen op het potentiaalveld neemt af als de afstand tot de verontreiniging toeneemt. Dit betekent dat hoe dieper de verontreiniging is, des te groter de verstoring op potentiaalveld moet zijn om deze nog te detecteren aan het maaiveld.

8.4.13.5 Kosten

De kostprijs bedraagt € 2.000 - € 4.000 per meetdag inclusief interpretatie en rapportage. Er kan tot circa 40 km per uur meetraai opgenomen worden.

Bronnen:

<http://www.bodemrichtlijn.nl/Bibliotheek/bodemonderzoek/onderzoekstechnieken/onderzoekstechniek-self-potential-metingen-sp-meting>

8.4.14 Bodemluchtsonde

8.4.14.1 Techniek

Deze techniek bestaat uit een sonde met gasbuisjes die met een sondeertoestel in de bodem wordt gedrukt. In de bodem wordt de bodemlucht door de gasbuisjes geleid. In het buisje bevindt zich een stof die verkleurt bij contact met de stof waar het voor gevoelig is. Op het buisje is direct afleesbaar wat de mate van verontreiniging in de lucht is. Zodra de sonde weer bovengronds is, kan het gehalte aan verontreinigingen in de bodemlucht direct van de gasbuisjes worden afgelezen.

8.4.14.2 Praktische inzetbaarheid

On-site is aan de verkleuring van de buisjes af te lezen in welke mate de door het betreffende buisje te detecteren stof aanwezig is in de bodemlucht. De detectielimieten liggen op ppm niveau. Onnauwkeurigheden treden op doordat stoffen met hetzelfde chemische gedrag ervoor kunnen zorgen dat een hogere concentratie wordt waargenomen dan er feitelijk in de bodem aanwezig is. De conus aangebracht door een sondering kan op iedere gewenste diepte worden geopend. Deze techniek is niet te gebruiken beneden 10 meter onder maaiveld en dient in de onverzadigde zone plaats te vinden. Doordat de techniek gebruikt maakt van een sondering is deze techniek minder geschikt voor gebruik op/in stortplaatsen. Mogelijk kan dit wel worden toegepast in de deklaag van een stortplaats, maar dan zijn ook eenvoudiger technieken toepasbaar.

8.4.14.3 Type informatie

De bodemluchtsonde kan gebruikt worden om on-site de gehalten vluchtige verontreinigingen (o.a. aromatische verbindingen, minerale olie, ammoniak, per en tri) in de bodem te bepalen.

8.4.14.4 Voor- en nadelen

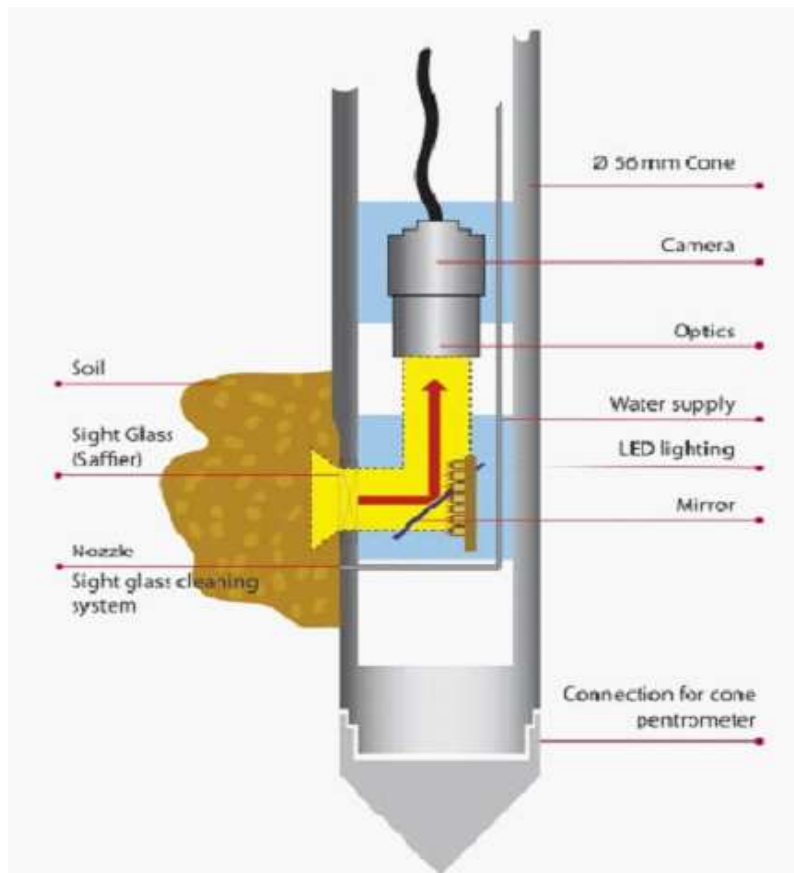
Het grootste voordeel van deze techniek is dat de meting on-site plaatsvindt en de resultaat direct afleesbaar zijn zodra de gasbuis boven de grond is gehaald.

8.4.14.5 Kosten

De kostprijs bedraagt € 2.000 tot € 4.000 per dag. Per dag kunnen veelal 10 tot 20 sonderingen worden uitgevoerd. Dit is afhankelijk van de diepte en bereikbaarheid van de meetpunten.

8.4.15 Camerasonde

8.4.15.1 Techniek



Figuur 44: Camerasonde. Bron: <http://www.deltares.nl/nl/actueel/nieuwsbericht/item/11429>

8.4.15.2 Praktische inzetbaarheid

Obstakels in de bodem verhinderen doorgang van de sondering. Hierdoor is deze techniek minder geschikt voor een stortplaats wegens mogelijke schade aan de meetconus.

8.4.15.3 Type informatie

Met deze techniek kan de precieze opbouw van de bodem bepaald worden en kan visuele informatie verkregen worden over de structuur van bodemlagen, de stratigrafie, de precieze locatie van een verontreiniging (in de vorm van puur product), de korrelgrootte en de samenstelling van de bodem.

8.4.15.4 Voor- en nadelen

Het grootste voordeel van het gebruik van een camerasonde is dat de opnamen digitaal worden opgeslagen. Via beeldbewerking wordt min of meer een foto van de bodem gegenereerd, waarbij met behulp van beeldbewerkingstechnieken aanvullende informatie gegenereerd kan worden. De opnamen zijn ook als foto met een compleet bodemprofiel af te drukken. Hiermee is in een oogopslag het bodemprofiel zichtbaar.

8.4.15.5 Kosten

De kostprijs bedraagt € 2.000 tot € 4.000 per dag, waarbij 100 – 150 verticale meters per dag kunnen worden uitgevoerd.

Bronnen:

<http://www.bodemrichtlijn.nl/Bibliotheek/bodemonderzoek/onderzoekstechnieken/onderzoekstechniek-camerasonde>

9 Besluit en openstaande acties

9.1 Samenvatting uitgevoerde werkzaamheden

In opdracht van de OVAM voerde de Tijdelijke Handelsvereniging Tauw België nv – Witteveen+Bos Belgium de eerste fase van het raamcontract “Technische ondersteuning Landfill Mining” uit. Het voorwerp van deze opdracht was de OVAM technisch te ondersteunen bij het project Landfill Mining (LFM) binnen het kader van globaal stortplaatsbeheer in Vlaanderen en omvat o.a. het opzetten van een methodiek om het potentieel tot Landfill Mining en de saneringsnoodzaak van stortplaatsen te bepalen.

Voor de OVAM is op **korte termijn** het **inventariseren** van de mogelijkheden voor de stortplaatsen uit de LFM-databank⁸ de eerste stap naar globaal stortplaatsbeheer. Er moet een concept uitgewerkt worden rond de toekomstige aanpak van deze stortplaatsen:

- Enerzijds naar **beheer van risico's** t.g.v. verontreiniging, uitgaande van de stortplaatsen
- Anderzijds naar beheer van “reserves” voor “mining” naar de toekomst. Stortplaatsen kunnen gezien worden als voorraadkamers van morgen. “Wat we vandaag niet kunnen recupereren of recyclen, lukt misschien morgen wel”;
- **Ruimtegebruik (Waste to Land)**: Door de druk op het ruimtegebruik is de terugwinning van oude stortlocaties ook op korte termijn een valabele piste. De economische waarde van gronden zal in bepaalde omstandigheden in de nabije toekomst al de ontginning van een stort op marktconforme wijze mogelijk maken.

Op **lange termijn** wil de OVAM een **dynamisch stortplaatsbeheer** uitwerken:

Aandacht voor de mogelijkheden van **voorraadbeheer** van materialen in een “tijdelijke opslag” (temporary storage en resource management);

Aandacht voor hergebruik en recycling van **energie, materialen en grondstoffen**

Alle sorten in “**inerte**” **toestand brengen (stabilisatie en beheer van risico's) met maximale recyclage / valorisatie van materialen en energiewinning**, eerder dan focus op “isoleren en afdekken” (IBC);

Deelopdracht 1 bestaat voornamelijk uit een theoretische oefening met volgende doelstellingen:

- overzicht van criteria die gebruikt kunnen worden om stortplaatsen in Vlaanderen te selecteren die in aanmerking kunnen komen voor Landfill Mining (**doelstelling 1**);
- ontwikkelen van een methodologie om de milieuprioriteit van de stortplaatsen te bepalen (**doelstelling 2**).

Ter bepaling van het potentieel van LFM worden in totaal volgende vier doelstellingen voor ogen gehouden:

- Doelstelling 1: Waste to Energy - Energie (**WtE**);
- Doelstelling 2: Waste to Materials – Materialenbeheer (**WtM**);
- Doelstelling 3: Waste to Land – Ruimte (**WtL**);

⁸ De LFM-databank (1692 sites), opgesteld en beheerd door de OVAM, bestaat uit data van alle gekende historische en nog in exploitatie zijnde stortplaatsen. Deze data zijn overgenomen uit de zogenaamde POT-fiches die per Vlaamse provincie tussen '92 en '95 geïnventariseerd werden.

- Doelstelling 4: Resource Management - Voorraadbeheer (Temporary Storage) (**RM**).

Voor de verschillende doelstellingen zijn volgende definities gedefinieerd:

Waste to Energy (WtE): het winnen van energie in de vorm van elektriciteit of warmte uit stortgas dat ontstaan is door de afbraak van organisch materiaal of uit het stortmateriaal waarbij door verhitting het afval als brandstof wordt omgezet.

Waste to Land (WtL) het creëren van ruimte ter plaatse van de stortplaats en het geven van een nieuwe gebruiksfunctie aan de stortplaats.

Waste to Materiaal (WtM): het valoriseren van de afvalstromen die vrijkomen uit een stort en het hergebruiken van de afvalstromen als materialen.

Resource Management (RM): het tijdelijk opslaan van afval met het oog op een latere valorisatie en gebruik van deze afvalstoffen.

Voor de opstelling van de methodologie voor de bepaling van het potentieel werden 6 criteria geselecteerd. In de onderstaande tabel wordt aangegeven welke criteria voor de berekening van een score voor de vier subdoelstellingen voor LFM gebruikt worden.

	type	ouderdom	volume	gebruik	ontsluiting	omgeving
WtE – energie	X	X	X	X	X	X
WtM – materialen	X	X	X	X	X	X
WtLand – ruimte	X	–	X	X	–	X
Resource Management – tijdelijke opslag	X	–	–	–	X	X
x : criterium wordt meegenomen om het potentieel te bepalen van een stortplaats voor de beoogde doelstelling. – : criterium wordt niet meegenomen om het potentieel te bepalen van een stortplaats voor de beoogde doelstelling.						

Tabel 16: Criteria voor de berekening van een score voor de vier subdoelstellingen voor LFM

Voor elk van deze criteria werden klassen gemaakt waaraan per subdoelstelling scores werden toegekend. Aan elk criterium werd per subdoelstelling eveneens een gewicht toegekend. Op deze manier werd een rekentool opgesteld waarmee per stortplaats een totaalscore kon worden berekend voor elk van de vier subdoelstellingen voor LFM en een score voor een combinatie van de vier subdoelstellingen (totaal potentieel voor LFM). Deze rekentool werd samengevoegd met de rekentool voor saneringsnoodzaak (zie verder) tot het geïntegreerde **Flaminco-model**. Vanuit het Flaminco-model kunnen eveneens **GIS**-kaarten met de geografische aanduiding van de stortplaatsen met potentieel gegenereerd worden.

In deelopdracht 2 werd een methodiek ontwikkeld die nagaat voor welke stortplaatsen een saneringsnoodzaak bestaat. Voor het bepalen van de saneringsnoodzaak uitgaande van het Conceptueel Site Model van een stortplaats wordt een **getrapte methodiek** voorgesteld:

- O.b.v. globale criteria de relatieve potentiële saneringsnoodzaak in te schatten en hieraan een prioriteit binnen de lijst met stortplaatsen aan deze potentieelbepaling te koppelen (stap 1);
- Een verdere gedetailleerde evaluatie van de saneringsnoodzaak en de noodzaak tot het uitvoeren van bodemsaneringswerken te bepalen (stap 2 en 3).

In stap 1 worden de mogelijke risico's die uitgaan van een stortplaats globaal ingeschat op basis van een aantal gemakkelijk op te zoeken basis-criteria die, zowel een inschatting van de

mogelijke impact van de **bron** als een inschatting van de impact op de **receptoren**, kwalitatief en kwantitatief weergeven.

Voor het bepalen van de rangorde in relatieve potentiële saneringsnoodzaak in stap 1 werd een rekentool (o.b.v. globale criteria -die bron en receptoren karakteriseren- met daaraan toegekende scores en gewichten) ontwikkeld, die naderhand werd geïntegreerd binnen het **Flaminco-model**. Voor de verdere uitwerking van de gedetailleerde bepaling van de saneringsnoodzaak in stap 2 en stap 3 werd een handleiding opgenomen welke werkzaamheden dienen te worden verricht om deze saneringsnoodzaak in detail te bepalen.

In **deelopdracht 3** werd een strategie voor het inzetten van klassieke en alternatieve onderzoekstechnieken op stortplaatsen weergegeven. Daarnaast werd een beschrijving van de meest gangbare alternatieve onderzoekstechnieken toegevoegd samen met een beschrijving van de praktische inzetbaarheid, welke informatie verkregen wordt, wat de voor- en nadelen zijn en wat de gemiddelde kosten zijn.

9.2 Hiaten en openstaande acties

Er wordt opgemerkt dat een aantal gegevens nog niet zijn aangevuld in de databank (o.a. omdat POT-fiches niet beschikbaar zijn, bepaalde gegevens nog niet ingevuld zijn, ...). Ook is er nog een grondigere controle nodig van de juistheid van een aantal databank-gegevens. Er wordt voorgesteld om deze ontbrekende en mogelijk onjuiste gegevens eerst aan te vullen en te corrigeren alvorens een evaluatie van de criteria met bijhorende scores en gewichten van het Flaminco-model uit te voeren en alvorens een definitieve prioritering van de stortplaatsen voor de verschillende doelstellingen te laten berekenen.

Daarnaast moeten de resultaten van deze eerste prioritering nog teruggekoppeld worden met beschikbare informatie van "buiten" het model (bv. reeds uitgevoerde bodemonderzoeken, saneringen, huidige saneringsnoodzaak,...). Deze terugkoppeling met resultaten kan in het model uitgevoerd worden o.b.v. het ontdubbelde tabblad met databankgegevens waarin gegevens handmatig kunnen aangepast worden.

Volgende openstaande acties dienen nog verder te worden opgevolgd en uitgevoerd in een volgende fase van de studie:

- Aanvullen en evalueren LFM-databankgegevens;
- Uitvoeren modelberekeningen o.b.v. volledige databank;
- Kritische evaluatie van de criteria met bijhorende scores en gewichten van het Flaminco-model;
- Eventuele aanpassing en verfijning aan criteria, scores en gewichten en herberekening o.b.v. aangepast Flaminco-model;
- Terugkoppeling resultaten aangepast Flaminco-model met beschikbare informatie van "buiten- model (reeds uitgevoerde bodemonderzoeken, saneringen, huidige saneringsnoodzaak,...) voor verfijning van resultaat;
- Selectie van stortplaatsen voor verdere uitdieping potentieel voor landfill mining en saneringsnoodzaak;
- Opzet en uitwerking Fielddesign;
- Nagaan oorzaak van stilvallen van dossiers i.k.v. screening saneringsnoodzaak;
- Uitvoeren rendabiliteitsonderzoek stortplaatsen i.k.v. landfill mining.

Bijlage 1: Lijst van tabellen

Tabel 1: Hiërarchisch doelstellingen overzicht	16
Tabel 2: Inplanting van de stortplaatsen volgens gewestplan	21
Tabel 3: Matrix relevantie criteria gekoppeld aan doelstellingen.	24
Tabel 4: Overzicht uniformiteit per type stortplaats	26
Tabel 5: Matrix relevantie criteria gekoppeld aan doelstellingen.	31
Tabel 6: Overzicht gewicht type stortplaats per doelstelling	32
Tabel 7: Overzicht ouderdom en toegekend gewicht per type stortplaats	33
Tabel 8: Overzicht volume en toegekend gewicht per type stortplaats	35
Tabel 9: Overzicht gewichten per bestemmingstype	36
Tabel 10: Te onderzoeken aspecten in functie van doelstelling in het kader van de onderzoeksstrategie veldwerk	66
Tabel 11: 1 Conceptueel Site Model gemiddelde stortplaats	76
Tabel 12: Criteria potentieelbepaling saneringsnoodzaak bron in stap 1	81
Tabel 13: Criteria potentieelbepaling saneringsnoodzaak receptor in stap 1	84
Tabel 14: Klassieke onderzoekstechnieken stortplaatsen	94
Tabel 15: Overzicht voor- en nadelen alternatieve onderzoekstechnieken stortplaatsen	100
Tabel 16: Criteria voor de berekening van een score voor de vier subdoelstellingen voor LFM	126

Bijlage 2: Lijst van figuren

Figuur 1: Concept ELM binnen afvalstoffenbeheer en duurzaam materialenbeheer	13
Figuur 2: Globaal schema OVAM raamcontract "Landfill Mining"	14
Figuur 3: Interactiematrix potentieelbepaling LFM en saneringsnoodzaak	15
Figuur 4: Geografische spreiding van de 72 stortplaatsen uit de selectie van de KUL	18
Figuur 5: Oppervlakteverdeling stortplaatsen	18
Figuur 6: Verdeling van aantal stortplaatsen per type	19
Figuur 7: Verdeling van aantal stortplaatsen per type" toont het aantal stortplaatsen per type.	20
Figuur 8: Aantal stortplaatsen welk binnen een bepaalde afstand (100m, 200m en 500m) gelegen zijn van receptoren	21
Figuur 9: Verband afstand stortplaats tot openbare weg en wegingsfactoren	37
Figuur 10: Verband afstand stortplaats tot spoorweg of bevaarbare waterweg en wegingsfactoren	38
Figuur 11: Verband afstand stortplaats tot andere stortplaatsen en wegingsfactoren	39
Figuur 12: Schematische principeschets omzetten van stortgas naar elektriciteit (bron: http://www.clarke-energy.com/gas-type/landfill-gas/)	41
Figuur 13: Methaanemissies in relatie tot de elektriciteitsproductie (bron VMM, MIRA rapport, 2010)	42
Figuur 14: Schematische weergave energie uit afval (bron: http://www.pinellascounty.org/utilities/wte-diagrams.htm)	43
Figuur 15: Principegrafiek van vormings- en winningscurve stortgas (bron Senternovem, Handreiking methaanreductie stortplaatsen, 2010)	46
Figuur 16: Algemeen overzicht afvalstromen en eindproducten (WtM)	47
Figuur 17: Concept Temporary Storage (Bron: Prof. P. Jones - KU Leuven)	55
Figuur 18: Beveiliging Tabblad 'Moederdatabase'	57
Figuur 19: Tabblad 'LFMinst'	58
Figuur 20: Voorbeeldgrafiek 10 stortplaatsen met grootst potentieel LFM	59
Figuur 21: Tabblad 'Samenvatting per doelstelling'	59
Figuur 22: Potentieel stortplaats 32 voor de verschillende criteria	60
Figuur 23: Potentieel stortplaats 32 voor de verschillende doelstellingen	61
Figuur 24: Dwarsdoorsnede proefsleuf stortplaatsonderzoek -	67
Figuur 25: Grafische weergave verdeling materialen in stortmateriaal (o.b.v. volumes)	67
Figuur 26: Onderzoek stortplaats provincie Limburg - NL (Medusa)	68
Figuur 27: Stortgasmeting	70
Figuur 28: Visuele weergave informatie per geselecteerde stortplaats in GIS	88
Figuur 29: Oude topografische kaart. Bron: http://www.ngi.be/NL/NL1-4.shtm	90
Figuur 30: XRF-analyser. Bron: Medusa	101
Figuur 31: de EM38-MK2 zendt een magnetisch veld uit ('primary magnetic'), waardoor een elektrisch veld in de bodem wordt opgewekt. Dit elektrisch veld genereert op zijn beurt weer een magnetisch veld ('secondary magnetic') die door de EM sensor wordt gemeten. Bron: Medusa.	103
Figuur 32: EM sensor. Bron: http://www.geophysical.biz/	104
Figuur 33: Voorbeeld van een radarmeting. De drainagebuizen worden gekenmerkt door een parabool. Bron: Medusa.	107
Figuur 34: Voorbeeld van een lopende meting met een GPR en een meting waarbij de GPR (houten omhulsel) achter een quad wordt gesleept. Bron: Medusa.	107
Figuur 35: Voorbeeld van een gradiometer magnetometer in de praktijk. Bron: Medusa	109
Figuur 36: Geo-elektrische tomografie. Bron: http://www.cowi.com/menu/service/WaterandEnvironment/Waterandnaturalresourcesmanagement/geologyandgeophysics/Geophysicalinvestigations/Resistivity/Pages/Resistivity.aspx	110
Figuur 37: MIP-CPT. Bron: http://www.kbmobilelabs.com/pages/mip.htm	113
Figuur 38: UV-fluorescentiemeting. Bron: http://pubs.usgs.gov/fs/2003/fs028-03/images/truck.jpg	114
Figuur 39: luminescentie NIR. Bron:	

	http://www.bodemrichtlijn.nl/Connect/bodemonderzoek/fts061-1	115
Figuur 40:	Met de Medusa sensor wordt de gammastraling uit de grond gemeten. Zinkas zendt meer straling uit dan 'schone bodem'. Bron: Medusa.	117
Figuur 41:	quad met daaraan gemonteerd de Medusa-sensor (achter op de bagagedrager van de quad) en de grondradar (antenne achter de quad). Bron: Medusa.	117
Figuur 42:	werking seismiek. Bron: http://earthquake.usgs.gov/learn/glossary/?term=seismic%20reflection%20or%20refraction%20line	119
Figuur 43:	SP meting. Bron: http://www.medusa-surveys.com/nl/methoden/em_radar/43/groundtracer/	120
Figuur 44:	Camerasonde. Bron: http://www.deltares.nl/nl/actueel/nieuwsbericht/item/11429 .	122
Figuur 45:	Zoekapplicatie onderzoekstechnieken (bron: www.bodemrichtlijn.nl)	141

Bijlage 3: Bibliografie

Referenties deelopdracht 1 - potentieelbepaling LFM

Senternovem - Handreiking methaanreductie stortplaatsen
(<http://www.rwsleefomgeving.nl/downloads/virtuele-map/handreiking/>)

[Enhanced Landfill Mining \(ELFM\) and Enhanced Waste Management \(EWM\): essential components for the transition to Sustainable Materials Management \(SMM\) Jones et al., Enhanced Landfill Mining Symposium, Houthalen-Helchteren, 2010](#)

Valorisation of materials within Enhanced Landfill Mining: what is feasible?, Mieke Quaghebeur et al., KU Leuven, 2010;

Policies for future material management cycles and Enhanced Waste Management Werner ANNAERT, FEBEM-FEGE, 2010;

Actualisatie inzet alternatieven ter vervanging van primaire oppervlaktedelfstoffen, 2008/MAT/R/208, P. Nielsen, VITO, 2008.

Inzet van bagger- en ruimingsspecie ter vervanging van primaire grondstoffen in Vlaanderen, P. Nielsen, VITO, 2008.

Onderzoek naar de mogelijkheden voor de ontwikkeling van een afzetmarkt voor bagger-, ruiming-, en infrastructuurspecie, 2010/SCT/R/046, P. Nielsen et al, 2010;

Alkali-activated fly ashes A cement for the future A. Palomoa et al., Eduardo Torroja Institute (CSIC), 2009

[De rol van waste-to-energy in het nieuwe materialendecreet](#), FEBEM Focus, april 2012;

[Closing Material Loops: The Enhanced Landfill Mining Concept Jones et al, Journal of Cleaner Production, 2012](#)

Landfill Gas emission Model version 3.02, USEPA, 2005

Berekening volume stortgas, CE Delft, Afvalverwerking en CO₂, maart 2006, p. 24

[The economics of enhanced landfill mining: private and societal performance drivers Van Passel et al, Journal of Cleaner Production, 2012](#)

<http://www.pinellascounty.org/utilities/wte-diagrams.htm>

<http://www.clarke-energy.com/gas-type/landfill-gas>.

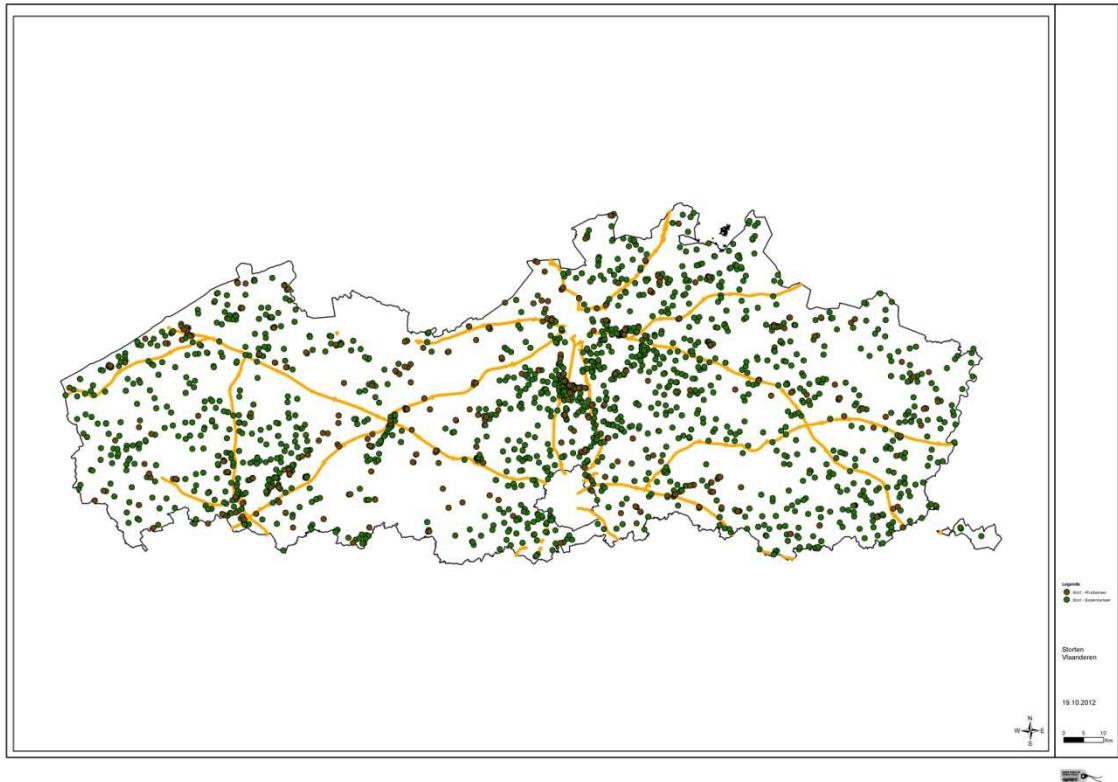
Bijlage 4: Rekentool prioritering potentieelbepaling Landfill Mining en relatieve potentiële saneringsnoodzaak: het geïntegreerde Flaminco-model

De rekentool "FLAMINCO-model" is als losse bijlage opgenomen. Aansluitend worden in deze bijlage enkele printscreens van deze rekentool "FLAMINCO-model" getoond.

Bijlage 5: Rekentool prioritering bepaling saneringsnoodzaak stortplaatsen (eveneens als onderdeel opgenomen in Flaminco-model)

De rekentool "FLAMINCO-model" is als losse bijlage opgenomen. Aansluitend worden in deze bijlage enkele printscreens van deze rekentool "FLAMINCO-model" getoond.

Bijlage 6: Geografische ligging 1690 stortplaatsen (LFM-databank)



Bijlage 7: Nederlandse richtlijn herstel en beheer

In Nederland wordt voor de selectie van technieken gebruik gemaakt van het protocol dat te vinden is binnen de **Nederlandse Richtlijn herstel en beheer**. In deze Nederlandse Richtlijn herstel en beheer (water)bodemkwaliteit wordt relevante informatie op dit gebied van onderzoekstechnieken digitaal ontsloten. De Richtlijn herstel en beheer (water)bodemkwaliteit is primair bedoeld als kennisdocument. Deze Richtlijn is tot stand gekomen onder redactie van de diverse bij het beleidsveld betrokken ministeries, uitvoeringsorganisaties en Nederlandse gemeenten, waarbij de uitvoering in handen is van SKB duurzame ontwikkeling ondergrond.

Onderdeel van deze Richtlijn wordt gevormd door een uitgebreide beschrijving van onderzoekstechnieken. Het betreft technieken welke als 'bewezen' worden beschouwd, dat wil zeggen in de praktijk toegepast. De beschreven technieken zijn ontsloten middels een zoekapplicatie (zie onderstaande figuur). Deze geeft aan de hand van kenmerkende informatie (waaronder de performance) van de technieken een overzicht van alle beschikbare onderzoekstechnieken en hyperlinks naar detailinformatie. Ook is aan de hand van een aantal veel voorkomende onderzoeksvragen snel een inschatting te maken of een techniek geschikt is voor de gebruiker. Tevens kunnen technieken verschillende kenmerken met elkaar worden vergeleken.

Voor een actueel en volledig overzicht van toepasbare onderzoekstechnieken wordt daarom naar deze website verwezen (www.bodemrichtlijn.nl, Home > Bibliotheek > Bodemonderzoek > Onderzoekstechnieken).

The screenshot shows the website 'Richtlijn herstel en beheer (water)bodemkwaliteit'. The navigation bar includes 'Home', 'Bibliotheek', 'Zoeken', 'Tools', 'Processchema's', 'Begrippenlijst', 'Organisatie', and 'Contact'. A search bar with a 'zoek' button is on the right. The breadcrumb trail is 'Home > Bibliotheek > Bodemonderzoek > Onderzoekstechnieken > Zoeken naar onderzoekstechnieken'. The main content area is divided into two sections: '1: Zoek op onderzoekstechniek' and '2: Zoek op onderzoeksvragen'. Section 1 has a dropdown menu for 'Maak een keuze'. Section 2 features three columns of checkboxes for various techniques and questions, such as 'Bodemopbouw', 'Verontreiniging', 'Monstername', 'Ecologie', and 'Sanieren'. At the bottom right of the search results, there are buttons for 'Selectie wissen' and 'Toon resultaten'.

Figuur 45: Zoekapplicatie onderzoekstechnieken (bron: www.bodemrichtlijn.nl)