6. Emissie en verspreiding van verontreinigingen uit bergingslocaties naar het oppervlaktewater

6.1 Algemeen

Het storten van verontreinigd baggerspecie kan invloed hebben op de kwaliteit van het oppervlaktewater. Verschillende processen spelen hierbij een rol, afhankelijk van het type bergingslocatie (wel of geen verbinding met de Maas) en de fase waarin de bergingslocatie verkeert. Onderscheiden zijn de aanlegfase, de vulfase en de nazorgfase.
In de aanlegfase vindt ontgraving van de locaties plaats. In de vulfase wordt de baggerspecie ingebracht. De nazorgfase begint na afloop van het vullen van de bergingslocatie.
Berekeningen van de verspreiding van verontreinigingen zijn gemaakt voor zowel de vulfase als de nazorgfase. Twee beoordelingscriteria zijn meegenomen in de beschouwing van de effecten op de oppervlaktewaterkwaliteit:

- de bijdrage van de verontreinigingen aan de vracht in de Maas
- de eco-toxicologische risico's van de emissies aan de hand van risico niveaus

Bij het bepalen van de effecten gaat het vooral om de verspreiding naar de Maas. De ecotoxicologische effecten in de stort / bergingslocatie zijn niet beschouwd.

De belangrijke processen voor wat betreft de emissie van verontreinigingen zijn:

- desorptie (het in oplossing gaan van verontreinigingen)
- actueel stortverlies (een deel van de specie wordt tijdens het storten meegenomen tot buiten de put)
- erosie (ten gevolge van stroming)
- consolidatie (inklinken van gestorte baggerspecie perst water naar boven)

Berekeningen van de verspreiding van verontreinigingen zijn gemaakt voor zowel de vulfase als de nazorgfase.

6.1.1 Vul- of exploitatiefase

Bij het storten van specie in een open put kan beïnvloeding van de oppervlaktewaterkwaliteit optreden doordat verontreinigde specie in contact komt met het oppervlaktewater. De eigenschappen van de specie, de stortmethode en de karakteristieken van het ontvangend water spelen een rol bij de effecten die optreden. Onderstaand is een overzicht van de belangrijkste verspreidingsmechanismen gegeven

Desorptie
Tijdens het storten zal een deel van (met name) de fijne fractie in suspensie gaan (het potentieel stortverlies). Deze gesuspendeerde specie kan op twee manieren bijdragen aan de verspreiding van verontreinigingen via het oppervlaktewater.
Ten eerste kan de gesuspendeerde specie door stroming met het oppervlaktewater worden meegenomen tot buiten de put;
ten tweede kan een deel van de verontreinigingen die geadsorbeerd zijn aan de gesuspendeerde specie in oplossing gaan (desorptie).
Bij storten van baggerspecie met een hoge dichtheid (met een gering deel van de baggerspecie < 16 µm) zal de verspreiding van specie tot buiten de put onder invloed van stroming gering zijn. Verspreiding van verontreinigingen door desorptie kan een belangrijk proces zijn.
Het verlies door desorptie is afhankelijk van een aantal parameters, zoals potentieel stortverlies, verdelings-coëfficiënten, kinetiek, de grootte van de slibwolk en de achtergrondwaarde in de slibwolk en in het omringend oppervlaktewater. Een aantal schattingen en aannamen zijn noodzakelijk om het verlies te kunnen berekenen. In onderstaand kader is toegelicht hoe door middel van het WESTSIDE-model [RIZA, 2000] de waterkwaliteit als gevolg van desorptie verontreinigingen bij het storten van baggerspecie kan worden bepaald.

Actueel stortverlies
Bij het storten vormt zich een slibwolk; dit is het potentieel stortverlies. Een deel van dit verlies kan door stroming worden meegevoerd tot buiten de put. Dit is het actueel stortverlies. De hoeveelheid actueel stortverlies is met name afhankelijk van de stroomsnelheid van het oppervlaktewater en de korrelgrootte verdeling in de specie en het potentieel stortverlies.

Verlies door erosie (uitsleep)
Een andere verspreidingsroute van verontreiniging is erosie van reeds gestorte specie. Door erosie kan, met name aan het eind van de vulfase en aan het begin van de fase daarna, als het vulniveau hoog is, verontreinigd materiaal worden meegenomen en buiten de put worden afgezet.

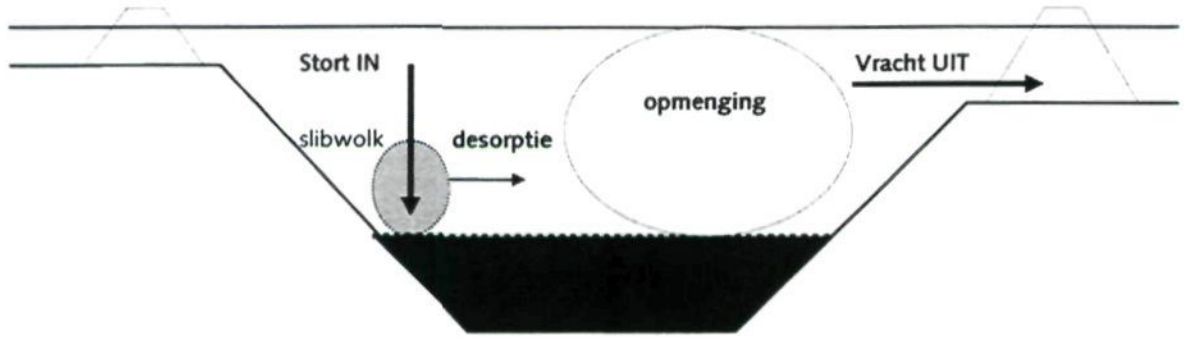
Verlies door consolidatie van de specie
Tijdens het storten van de specie wordt een deel van het water uitgeperst, dat in het oppervlaktewater terecht komt. Deze hoeveelheden zijn bepaald op basis van consolidatieberekeningen en depotdimensies. Aangenomen is dat het water dat door consolidatie van de specie wordt uitgeperst een concentratie van verontreinigingen heeft die gelijk is aan de poriënwaterconcentratie. Daarnaast vindt transport van verontreinigingen via het opgelost organisch koolstof (DOC) plaats.

Overige processen
Naast genoemde processen zijn er nog andere verspreidingsprocessen die optreden bij het storten van specie, zoals b.v. het vrijkomen van verontreinigd poriënwater uit de slibwolk en diffusie. Deze processen zijn buiten beschouwing gelaten, daar ze slechts marginaal bijdragen aan de totale emissie van verontreinigingen (zo is de flux door uittredend poriënwater globaal 0,1% van flux door desorptie.

WESTSIDE –Waterkwaliteits Effecten bij het STorten van Specie In DEpots [RIZA, 2000]

Dit numerieke model beschrijft op basis van bepaalde uitgangspunten en aannames:
- het verloop van de kwaliteit van het depotwater in de tijd;
- het verlies van verontreinigingen door stroming of uitwisseling met de omgeving naar het oppervlaktewater .

De uitgangspunten en aannames hebben met name betrekking op het potentiële stortverlies en het daarbij in oplossing gaan van verontreinigingen die geadsorbeerd aan de fijne fractie van de baggerspecie uit de stortwolk verspreiden. Dit verlies kan optreden door desorptie: het weer in oplossing gaan van stoffen. De mate van desorptie is niet alleen stof-afhankelijk, maar ook afhankelijk van diverse omgevingsfactoren. Zo kan de initiële verspreiding van de stoffen uit de slibwolk grotendeels nabij de stortlocatie blijven, dan wel zich vrij snel over het gehele depotvolume verspreiden. De vracht die ten gevolge van het fenomeen desorptie van verontreinigende stoffen vrijkomt, zal zich in vrij korte tijd volledig mengen met het volume van depotwater. De concentraties in het depotwater nemen door deze menging dus toe en de uitwisseling met de omgeving vindt dus plaats met de berekende concentraties na opmenging van het verlies door desorptie over het putvolume. Aangezien er tijdens de vulfase steeds baggerspecie bijgestort wordt, neemt het watervolume in de put af; hiermee wordt rekening gehouden in het model.



Het resultaat van deze modelberekeningen is een cumulatieve vracht aan verontreinigingen vanuit het depot naar het omringende oppervlaktewater (direct door stroming over een put of indirect door uitwisseling van water door de opening van omdijkt depot met opening).

6.1.2 Nazorgfase

In de nazorgfase kunnen de volgende verspreidingsprocessen worden onderscheiden: verlies door erosie en verlies door consolidatie.

Verlies door erosie
In de nazorgfase zal de berging afgedekt zijn. Er wordt dan ook geen verspreiding van verontreinigingen door erosie verwacht.

Verlies door consolidatie
In de eerste honderd jaren na het storten speelt consolidatie van de specie nog een rol, waardoor verontreinigingen via dit uitgeperst water in het oppervlaktewater kan komen. Na een periode van circa 100 jaar is de specie vrijwel uitgeconsolideerd. Door toepassing van een afdeklaag zal de emissie van verontreinigingen naar het oppervlaktewater worden gereduceerd. De afdeklaag laat wel het consolidatiewater door, maar door de aanwezigheid van organisch stof zullen de verontreinigingen voor het grootste deel worden geadsorbeerd, hetgeen betekent dat de emissies naar het oppervlaktewater als gevolg van consolidatie gering of beperkt zullen zijn.

Afstroming door deklaag
Hemelwater zal door de aangebrachte deklaag afstromen naar het oppervlaktewater. Daarnaast zal kwelwater vanonder de hoogwatergeul door het aangebracht deklaagmateriaal naar het oppervlaktewater uitstromen, waardoor verontreinigingen meegenomen worden.

6.2 Beoordelingskader

In de Vierde Nota Waterhuishouding (1998) worden ijkpunten gegeven voor de beoordeling van verontreiniging in het oppervlaktewater vanuit een risicobenadering. Het ecotoxicologisch **risico** als gevolg van verspreiding van verontreinigingen in het watersysteem staat hierbij centraal.

Bij de risicobenadering staan drie risiconiveau's centraal:
- het ernstig risiconiveau (ER), waarbij 50% van de soorten in een systeem kans op nadelig te waarderen effecten ondervindt;
- het maximaal toelaatbaar risiconiveau (MTR), waarbij 5% van de soorten in een systeem kans op nadelig te waarderen effecten ondervindt;
- het verwaarloosbaar risiconiveau (VR), dit ligt op 1/100 van het MTR (voor organische contaminanten).

Een risiconiveau tussen VR en MTR wordt aanvaardbaar geacht, terwijl een risiconiveau tussen MTR en ER als verhoogd wordt beschouwd. Bij overschrijding van het ER wordt gesproken over een ernstig risico.

Het MTR-oppervlaktewater is een ijkpunt voor de risicobeoordeling in het watersysteem voor wat betreft het storten van specie in open putten.

Het gehanteerde MTR-niveau is gebaseerd op het beleidsmatig vastgestelde MTR als minimum kwaliteit voor oppervlaktewater en sediment, vastgelegd in de Vierde Nota Waterhuishouding. Het ER-aquatisch is niet beleidsmatig vastgelegd in de Vierde Nota Waterhuishouding. Voor het ER-niveau zijn vooralsnog alleen voorlopige waarden beschikbaar.

Er zijn voorlopige ER-waarden afgeleid die zullen worden opgenomen in "Normen voor het waterbeheer" (achtergronddocument bij NW4).

Tabel 6-1: Toetsingskader

parameter	MTR-oppervlaktewater (opgelost) (µg/l)	ER-aquatisch (opgelost) (µg/l)
Naftaleen	1,2	290
Fluorantheen	0,3	30
Fenantreen	0,3	30
Antraceen	0,07	1,4
Cadmium	0,4	16
Zink	9,4	86
Lood	11	150
Koper	1,5	18

6.3 Uitgangspunten

Actueel stortverlies
Uitgaande van de omstandigheden in een put langs de Maas een is actueel verlies van maximaal 1% van de totale hoeveelheid specie is ingeschat, op basis van onderzoek [WAU, 2000].

Erosie
Gezien de lage stroomsnelheden bij gemiddelde omstandigheden in het oppervlaktewater boven het geborgen materiaal wordt verwacht dat erosie geen rol speelt bij de verspreiding van verontreinigingen naar het oppervlaktewater.

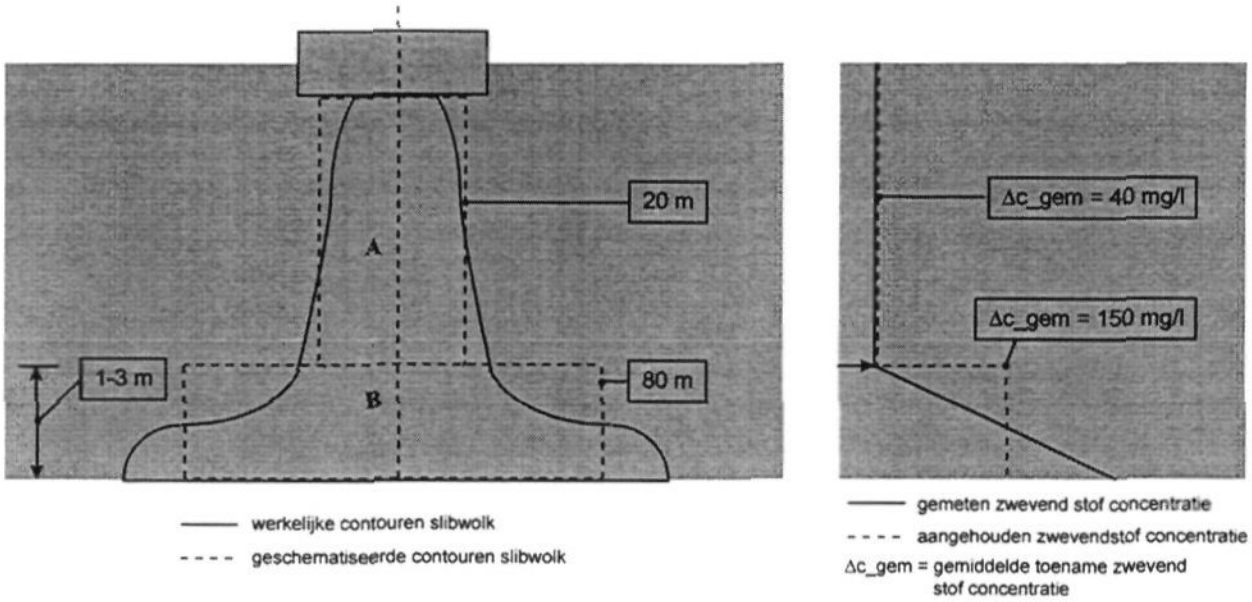
Consolidatie
Verlies van verontreiniging door consolidatie blijkt in de vulfase gering te zijn en is verder niet beschouwd.

Bergingslocaties
Op de locatie Lomm wordt naast een berging een hoogwatergeul voorzien. Tijdens de vulfase is de berging echter niet In open verbinding met de Maas.

De berging Well-Aijen staat tijdens het storten van de specie **wel** in verbinding met de Maas, wat betekent dat effect-berekening nodig is.

Stortmethode
Er wordt gestort met dumpers en met onderlossers. Het storten met dumpers heeft het grootste potentieel stortverlies, wat betreft stortverlies is deze methode vergelijkbaar met de methode "grijper boven water". Hieronder worden beide stortmethoden kort toegelicht.

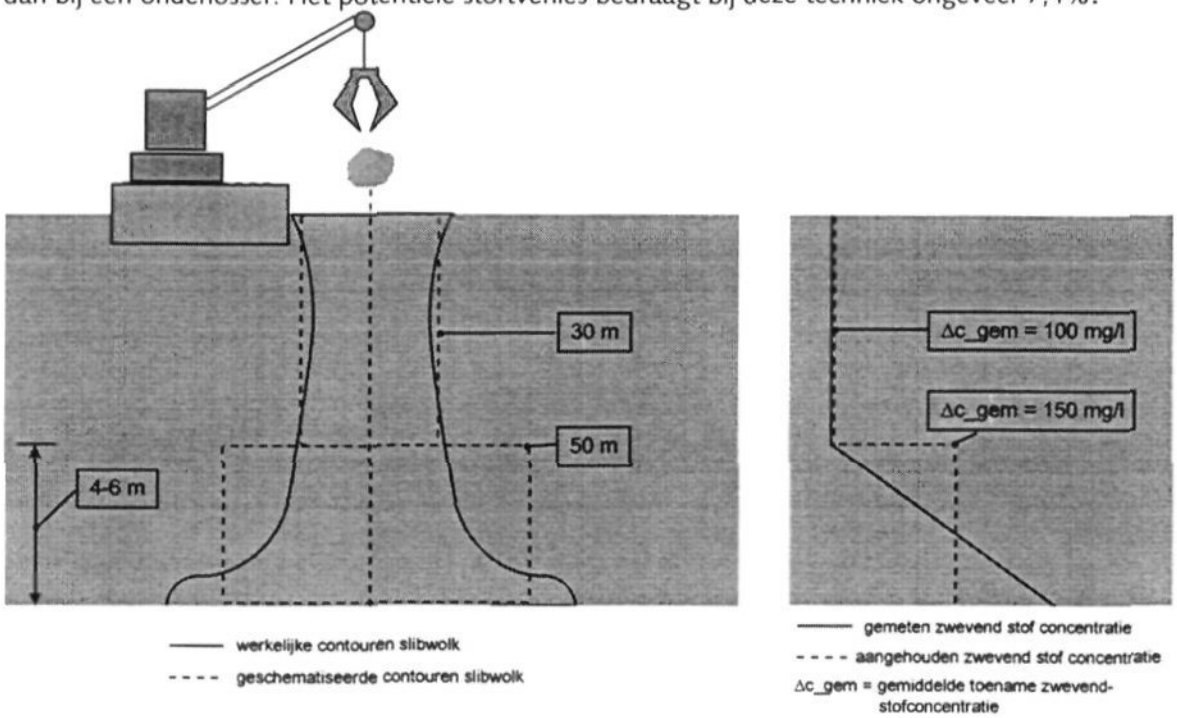
Onderlosser
Onderzoek naar de zwevend stof concentraties bij het storten met onderlossers toonden telkens hetzelfde concentratieprofiel als weergegeven in Figuur 6-1.
De gemeten concentratieverhoging in het bovenste deel bedraagt circa 30 tot 50 mg/l. In het onderste deel, vlak boven de bodem kan de zwevend stof concentratie toenemen tot 200 à 300 mg/l, waarbij de gemiddelde concentratie circa 100-200 mg/l bedraagt. De verhouding tussen de hoogte van het onderste en bovenste deel van de waterkolom bedraagt 1:5 à 1:10.



Figuur 6-1: Karakteristiek slibwolk (zwevend stof concentraties) bij storten met een onderlosser

Het berekende potentiële stortverlies in de bovenste deel van de waterkolom is nihil (circa 0,2%). Bijna al het zwevende stof bevindt zich in de onderste 1-3 meter van de waterkolom. Het potentiële stortverlies bedraagt bij deze stortmethode gemiddeld 3,5%

Grijper boven water
Bij het storten met een grijper boven water is het concentratieprofiel afwijkend van dat van een onderlosser, zie Figuur 6-2. Er bevindt zich meer zwevend stof in de bovenste waterkolom. De toename van de zwevend stof concentratie in het bovenste deel van de waterkolom is een factor 3 hoger dan bij storten met een onderlosser. In het onderste deel is de concentratietoename min of meer gelijk als bij een onderlosser. De verhouding tussen de hoogte van het onderste en bovenste deel van de waterkolom kan oplopen tot 1:1. De afmetingen van de 'slibwolk' zijn in het bovenste deel van de waterkolom groter en in het onderste deel van de waterkolom kleiner dan bij een onderlosser. Het potentiële stortverlies bedraagt bij deze techniek ongeveer 7,4%.



Figuur 6-2: Karakteristiek slibwolk (zwevend stof concentraties) bij storten met een grijper boven water

Kwaliteit Maaswater
In onderstaande tabel zijn is de kwaliteit van het Maaswater opgenomen (Jaarboek Monitoring Rijkswateren, 1998)

Het gemiddeld zwevend stofgehalte bedroeg in 1998 27 mg/l. Voor het gemiddeld debiet is uitgegaan van 250 m^3/s.

Tabel 6-2: Kwaliteit zwevend stof Maaswater, gemiddelden over 1998 (Jaarboek Monitoring Rijkswateren, 1998)

	aan z.s. Maas (ponton Eijsden) mg/kg	opgelost Maas (ponton Eijsden) ug/l	aan z.s. Maas (Stevensweert) mg/kg	opgelost Maas (Stevensweert) ug/l
naftaleen	0,6 *	0,2	2,2 *	n.b.
fenantreen	0,63	0,04 **	0,76	n.b.
fluorantheen	1,45	0,1 **	1,41	n.b.
antraceen	0,176	0,01 **	0,21	n.b.
Cadmium	9,7	0,33	7,6	0,27
Koper	178	6,8	93	7
Lood	218	6,9	180	5
Zink	1370	53	1000	50

* 1995, gebaseerd op 1 meting
** gemiddelde over 1997
n.b. niet beschikbaar

6.4 Aanpak

De berekening van effecten op het oppervlaktewater tijdens de vulfase zijn de volgende stappen doorlopen:
- in principe worden de desorptieverliezen berekend met WESTSIDE
- berekening van actueel stortverlies
- berekenen bijdrage aan de Maasvracht
- toetsing ecotoxicologische risico's oppervlaktewater.

In de nazorgfase is een schatting gemaakt van de emissies vanuit de deklaag naar het oppervlaktewater, hetzij door afstromend hemelwater, hetzij door kwel (omhoog gerichte stroming door de deklaag onder de hoogwatergeul).

6.5 Lomm

Vulfase
Bij de locatie Lomm is er geen open verbinding met de Maas tijdens het storten. Er worden derhalve geen rechtstreekse effecten op de Maas verwacht tijdens het storten. Indirect effecten (het tijdens het vullen verontreinigd oppervlaktewater dat via het grondwater in de Maas komt) zijn naar verwachting marginaal en zijn niet beschouwd.

Nazorgfase
In de nazorgfase vindt afstroming van het hemelwater naar het oppervlaktewater plaats (door de deklaag) en er vindt een kwelstroom plaats door bodemlaag van de hoogwatergeul. De totale waterstroom richting oppervlaktewater bedraagt 612 m^3/d. Op basis hiervan de verontreinigingsflux naar het oppervlaktewater berekend. Voor naftaleen betekent dit een vracht van 0,007 kg/jaar naar de Maas, fluorantheen en fenantreen dragen ieder 0,05 kg/jaar bij, terwijl antraceen voor 0,01 kg/jaar bijdraagt.
Daarnaast vindt er emissie vanuit de berging via het grondwater naar het oppervlaktewater plaats. Deze verontreinigingsflux is naar verwachting geringer dan de rechtstreekse flux naar het oppervlaktewater, als gevolg van langere reistijden en afbraak.

Deze bijdragen van verontreinigingsfluxen naar de Maas leiden niet tot een significante bijdrage aan de totale verontreinigingsvracht in de Maas.

6.6 Well-Aijen

Specie-eigenschappen Well-Aijen
Verontreinigingsgehalten
Op basis van de diverse onderzoeken is onderstaande tabel samengesteld, waarbij twee varianten zijn onderscheiden:
- Variant A. Ongescheiden bergen
- Variant B. Gescheiden bergen: voor de effecten naar het oppervlaktewater is uitgegaan van de concentraties in de meer verontreinigde deelpartij, om te voorkomen dat de effecten op het oppervlaktewater tijdens het storten worden onderschat.

Verdelingscoëfficiënten
Op basis van onderzoek zijn Koc-waarden afgeleid (bijlage I-3) voor organische microverontreinigingen. Verdelingscoëfficiënten voor zware metalen zijn ontleend aan MER-Grensmaas-Technisch Rapport Bodem (zie ook hoofdstuk 3; Emissies nulsituatie / autonome ontwikkeling). De effectberekeningen worden uitgevoerd voor 4 PAK's en 4 metalen.

Tabel 6-3: Specie-eigenschappen berging Well-Aijen

	variant A. ongescheiden (mg/kg)	**Variant B.** gescheiden, verontreinigde deelpartij (mg/kg)	Kd (l/kg)	Log Koc (l/kg)	Xdoc (-)
Naftaleen	0,06	0,18		5	0.1
Fenantreen	0,09	0,26		4.6	0.1
Fluorantheen	0,14	0,43		4.8	0.1
antraceen	0,03	0,07		4.7	0.1
cadmium	0,84	2,35	1.000		
zink	161	365	11.000		
lood	54	119	4.800		
koper	16	34	1.800		
DOC-gehalte poriënwater specie (mg/l)	40	40			
organisch koolstof specie %	2	3,3			

Desorptie
Uit bovenstaande tabellen blijkt dat het zwevend stof in het Maaswater sterker verontreinigd is dan het te bergen materiaal. Er zal dus geen verspreiding van verontreinigingen door desorptie plaatsvinden bij het storten van het materiaal. Er zijn derhalve geen WESTSIDE berekeningen nodig.

Er kan dus geconcludeerd worden dat er geen verspreiding van verontreinigingen door desorptie zal optreden.

Actueel stortverlies
Naar verwachting zal er 1% actueel verlies optreden bij het storten van de baggerspecie. Dit betekent, bij een dichtheid van 1700 kg/m^3 en een porositeit van 30%, 14 kg droge stof verlies per m^3 baggerspecie.
Dit verlies treedt op over de gehele vultijd (5 jaar). In onderstaande tabel is het verlies berekend voor de verschillende gidsstoffen.

Tabel 6-4 Actueel verlies

	ongescheiden berging gehalten (mg/kg)	**vracht als gevolg van actueel verlies** **(kg over de gehele vulperiode)**	**vracht als gevolg van actueel verlies** **(kg/jaar)**
naftaleen	0,06	4,28	0,86
fenantreen	0,09	6,43	1,29
fluorantheen	0,14	10,0	2,00
antraceen	0,03	2,14	0,43
cadmium	0,84	60	12
zink	161	11495	2299
lood	54	3856	771
koper	16	1142	228

Tabel 6-5 Verontreinigingsvrachten Maas bij Eijsden, 1998

parameter	vracht (kg/j)
Naftaleen	nv.
Fluorantheen	nv.
Fenantreen	nv.
Antraceen	nv.
PAK Σ 6	4000
Cadmium	5600
Zink	<793000
Lood	118000
Koper	92000

In bovenstaande tabellen blijkt dat de vracht verontreiniging gebonden aan baggerspecie als gevolg van verlies tijdens het storten zeer gering is t.o.v. de totale vracht door de Maas.

Nazorgfase
In de nazorgfase stroomt hemelwater na infiltratie via de deklaag naar het oppervlaktewater (hoogwatergeul). Dit betreft 175 m^3/dag. Dit betekent een niet significante belasting van de Maas (zie ook berekening bij de bergingslocatie Lomm, waarbij een grotere hoeveelheid water direct naar het oppervlaktewater afstroomt). Ook de verontreinigingsflux die via het grondwater het oppervlaktewater bereikt zal naar verwachting niet significant bijdragen aan de totale verontreinigingsvracht in de Maas.

6.7 Conclusie oppervlaktewater

Lomm
Bij de berging Lomm is er geen toename van de verontreinigingsvracht in de Maas, daar de stortlocatie tijdens het vullen is afgesloten van de Maas.
In de nazorgfase stroomt water via de deklaag af naar het oppervlaktewater. Er wordt echter geen significante bijdrage aan de totale verontreinigingsvracht in de Maas verwacht.

Well-Aijen
Vracht
De bijdrage vanuit de berging aan de vracht van verontreinigingen tijdens de stortfase is beperkt.
In de nazorgfase wordt geen significante bijdrage aan de totale verontreinigingsvracht in de Maas verwacht.
Risico's
De concentratie opgeloste stoffen in de Maas zal niet toenemen als gevolg van het storten van grond in de berging (het te bergen materiaal is minder verontreinigd dan het zwevend stof in de Maas). Dit betekent dat als er thans geen sprake is van overschrijding is van de MTR-oppervlaktewater norm er ook tijdens het storten geen overschrijding zal zijn.

6.8 Leemten in kennis

Actueel stortverlies
Voor het actueel stortverlies is een waarde van 1% gehanteerd. Deze waarde is onzeker. De verwachting is wel dat hiermee een "worst-case"situatie benaderd is.

Gevoeligheidsanalyse
Gezien de resultaten van de berekeningen zal zelfs bij een aanmerkelijke toename van het actueel stortverlies de bijdrage aan de verontreinigingsvracht in de Maas als gevolg van het storten van materiaal in de berging Well-Aijen marginaal zijn.
Het potentieel stortverlies speelt geen rol in de berekeningen, daar verspreiding van verontreinigingen door desorptie geen rol speelt. De resultaten zijn daarom niet gevoelig voor de mate van potentieel stortverlies.

7. Ketenbenadering

7.1 Inleiding

7.1.1 Algemeen

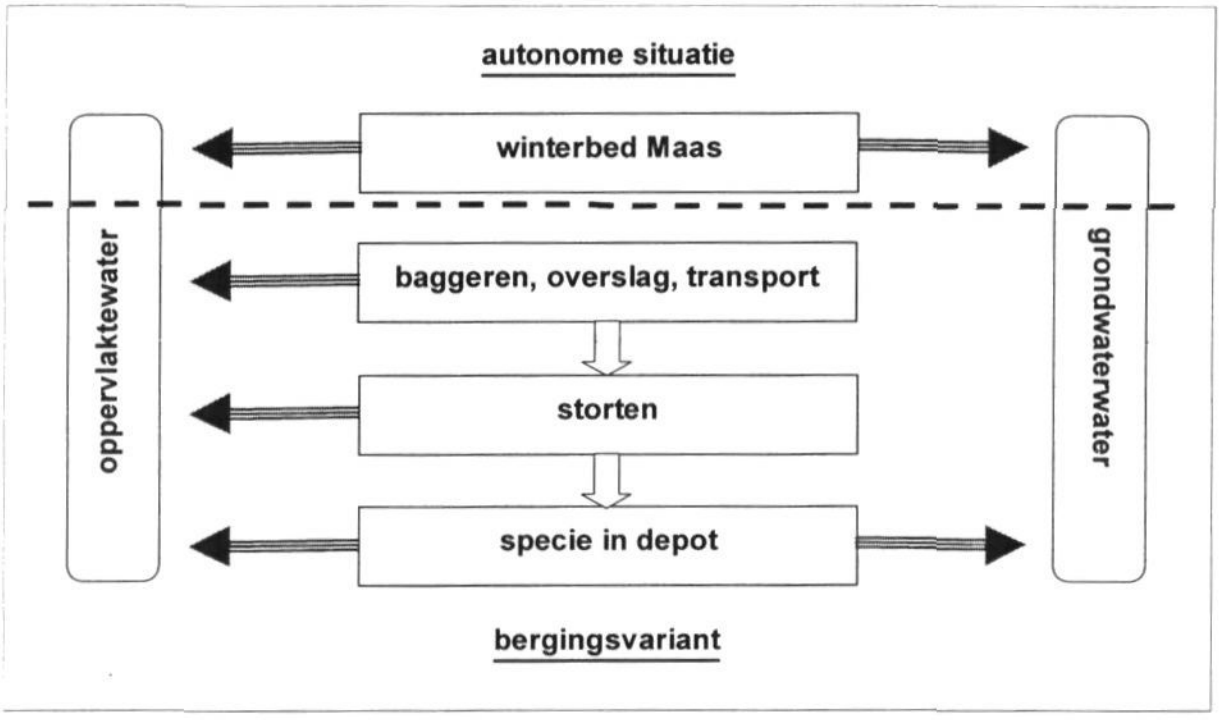
In dit hoofdstuk wordt aandacht besteed aan het verlies van verontreiniging (emissie) in de keten van ontgraven-baggeren-transport-bergen. Als basis hiervoor is het door WAU in opdracht van "De Maaswerken" opgestelde rapport "Zandmaas/Maasroute, Beoordeling effectiviteit ingrepen met behulp van ketenbenadering" (WAU.PMHZ-3-98017, d.d. 18-05-00) gebruikt.

Binnen het project Zandmaas/Maasroute is op basis van de beleidsregels 'Actief bodembeheer Maas' gekozen voor verwerking van het grootste van (verontreinigde) niet vermarktbare grond die vrijkomt bij de verruiming van de rivier in depots.

Ten behoeve van besluitvorming over de wijze van inrichting van het depot is het noodzakelijk inzicht te verschaffen in de milieueffecten van de verschillende opties voor het omgaan met niet vermarktbare grond. Daarbij gaat het in eerste instantie met name om de effecten op de kwaliteit van grond- en oppervlaktewater. Het is ten behoeve van de uiteindelijke afweging en besluitvorming en ten behoeve van het verkrijgen van draagvlak, wenselijk de milieueffecten van het storten in bergingslocaties bij enkele depot-varianten met elkaar te vergelijken en te refereren aan de milieueffecten bij de nulsituatie/autonome ontwikkeling. Daarbij is het gebruik van een ketenbenadering, waarin alle relevante processen van de baggerketen worden beschreven en gekwantificeerd, wenselijk. Inzicht in de emissies naar grond- en oppervlaktewater is tevens noodzakelijk ten behoeve van planvorming en ontwerp (bijvoorbeeld: in hoeverre is het aanbrengen van isolerende voorzieningen doelmatig). Daarbij is het overigens - binnen het raamwerk van actief bodembeheer- essentieel om in de afweging rekening te houden met de lokale omstandigheden: in de uiteindelijke beoordeling speelt de 'gebiedseigen situatie' een belangrijke rol.

Een van de randvoorwaarden voor het omgaan met verontreinigde grond is dat dit op een milieuhygiënisch verantwoorde wijze plaatsvindt. Het achterliggend doel is daarbij dat de hoeveelheid verontreinigingen die vanuit de te bergen weerdgrond/baggerspecie in 'het milieu' worden verspreid, zoveel mogelijk wordt teruggedrongen.
Emissie/Verspreiding (lees: verlies uit de keten) van verontreinigingen vindt plaats in de hele verwijderingsketen, van het baggeren c.q. ontgraven tot en met de situatie dat het verontreinigde bodemmateriaal in een bergingslocatie, kleischerm of andere hergebruiksvariant aanwezig is. Het milieurendement van de totale verwijderingsoperatie zal dan ook alleen kunnen worden bepaald als, naast de beoordeling van de bergingslocatie- c.q. hergebruikslocaties, ook de andere schakels in de verwijderingsketens in beschouwing worden genomen. Een op deze wijze opgezette beschrijving van de effectiviteit van het omgaan met verontreinigd bodemmateriaal kan worden gebruikt bij de vergelijking van bergingsalternatieven onderling en deze te refereren aan de nulsituatie. Er is daarom in dit rapport een 'ketenbenadering' voor de beschrijving van de effecten op grond- en oppervlaktewater uitgewerkt.

In Figuur 7-1 is het principe van de ketenbenadering uitgelegd.



Figuur 7-1 : Principe van de ketenbenadering voor het project Zandmaas/Maasroute: een deel van het in het winterbed van de Maas aanwezige verontreinigd bodemmateriaal wordt vergraven, getransporteerd en in een bergingslocatie gebracht. In de gehele keten kunnen verliezen optreden, in de vorm van emissies naar de omgeving (=pijlen richting oppervlaktewater en grondwater). De verliezen uit de keten dienen zo klein mogelijk te zijn.

De ketenbenadering richt zich uitsluitend op de effecten van de verontreinigde niet vermarktbare grond die in het kader van de voorgenomen rivierverruimingsalternatieven wordt vergraven en verplaatst. De ketenbenadering resulteert, per verwerkingsoplossingsrichting, in principe in één getal dat een maat is voor de effecten van de verontreinigingen op het milieu (bodem, grondwater, oppervlaktewater). Deze getallen kunnen worden gebruikt bij de vergelijking van de verschillende oplossingsrichtingen.

7.1.2 Doel

Het doel van de ketenbenadering in het onderhavige project is het verschaffen van inzicht in de milieueffecten in de gehele keten van ontgraven, transport en verwerken/berging van verontreinigde baggerspecie op de locaties Lomm en Well-Aijen. Als referentie dient de situatie dat geen ingreep plaatsvindt (autonome ontwikkeling/nulalternatief).

7.1.3 Leeswijzer

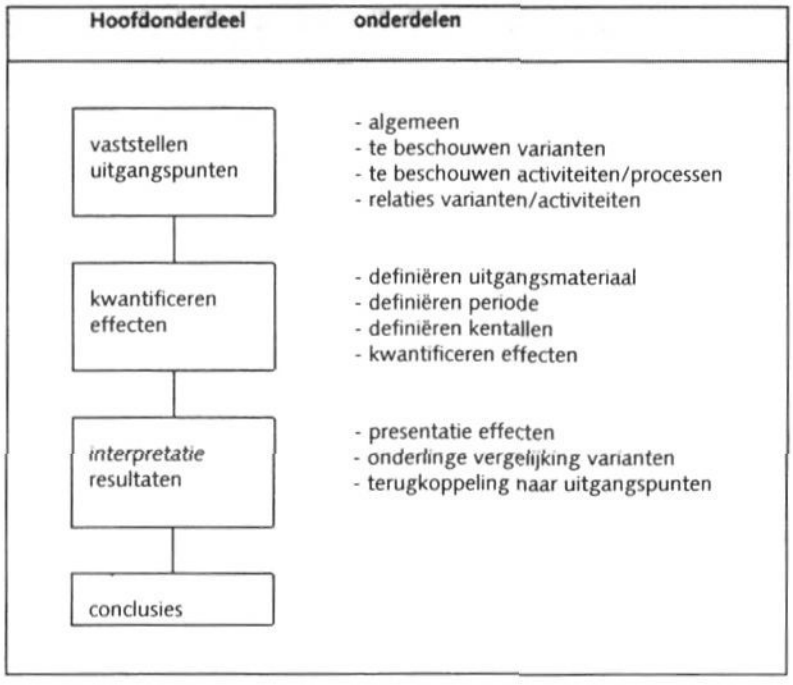
In dit hoofdstuk is de ketenbenadering nader uitgewerkt. Hierbij is de volgende indeling aangehouden: In paragraaf 7.2 wordt de aanpak op hoofdlijnen geschetst waarna in paragraaf 7.3 de gehanteerde uitgangspunten worden beschreven. In paragraaf 7.4 wordt de daadwerkelijke kwantificering van de effecten uitgewerkt. Vervolgens worden in paragraaf 7.5 de resultaten geïnterpreteerd en wordt een terugkoppeling uitgevoerd naar de gehanteerde uitgangspunten. Het hoofdstuk wordt afgesloten met conclusies en aanbevelingen in paragraaf 7.6.

7.2 Aanpak op hoofdlijnen

In de voorgaande hoofdstukken is alleen naar de (on)beheersbaarheid van de emissie van verontreinigingen vanuit de weerdgrond/baggerspecie gekeken. Het betreft hierbij emissies naar grondwater en oppervlaktewater die optreden in de huidige situatie (plus autonome ontwikkeling) en de situatie dat de specie elders in een depot wordt geborgen. Andere milieueffecten zijn buiten beschouwing gelaten.

Met behulp van de ketenbenadering wordt getracht inzicht te verschaffen in de totale emissie naar oppervlaktewater waarbij alle relevante processen en activiteiten worden beschreven en gekwantificeerd.

In Figuur 7-2 is de aanpak van de ketenbenadering op hoofdlijnen weergegeven. De ketenbenadering kan worden vergeleken met een levenscyclusanalyse (LCA).



Figuur 7-2: Aanpak ketenbenadering milieueffecten op hoofdlijnen

7.3 Uitgangspunten

7.3.1 Algemeen

In hoofdstuk 2 zijn de eindoplossingen voor de locaties Lomm en Well-Aijen beschreven. De ketenbenadering wordt gebaseerd op de daar beschreven oplossing. Voor beide locaties wordt hierbij nog onderscheid gemaakt tussen het gescheiden en ongescheiden bergen van stromen met een verschillende verontreinigingsgraad. Naast deze bergingsvarianten wordt tevens de nulvariant (nulsituatie plus autonome ontwikkeling) uitgewerkt voor beide locaties. Samenvattend betekent dit dat in totaal voor elke locatie 3 varianten worden beschouwd.

Voor een verdere afperking van het onderhavige onderdeel zijn de volgende algemene uitgangspunten geformuleerd:

- in de keten wordt een beperkt aantal verontreinigende stoffen beschouwd; het betreft hierbij stoffen die maatgevend zijn voor de ernst/omvang van de verontreiniging dan wel stoffen die maatgevend zijn voor de verspreidingsmogelijkheden;
- in de ketenbenadering wordt de vracht aan en emissie van verontreiniging betrokken op één in-situ[2)] m^3 grond/specie die representatief kan worden gesteld voor de totale hoeveelheid verontreinigde specie/grond in het plangebied; extrapolatie naar het gehele ingreepgebied is dan mogelijk;
- gekeken wordt naar de totale vracht aan verontreinigingen in al de te bergen niet-vermarktbare grond;
- bij processen/activiteiten wordt alleen naar eerstelijns effecten gekeken;
- in eerste instantie wordt een reële maar meest ongunstige situatie voor de verwerkingsopties beschouwd; bij de interpretatie van de resultaten wordt de invloed van bepaalde maatregelen op de optredende effecten aangegeven;
- de beschrijving van 'effecten' vindt plaats op een tijdas; inzicht dient te worden verkregen in het verloop van effecten in de tijd;
- de maximaal te beschouwen periode betreft circa 10.000 jaar vanaf heden

[2)] In dit rapport wordt (tenzij anders aangegeven) gerekend met in-situ volumes; dat zijn de volumes in de huidige situatie; tijdens en na ontgraven neemt het volume toe (minder dichte pakking, bijmengen water) waardoor in transport en berging gerekend moet worden met meer m3 (met een lagere dichtheid)

7.3.2 In beschouwing te nemen varianten

Hiernavolgend wordt een algemene beschrijving en motivatie gegeven van de in beschouwing te nemen varianten. Deze varianten zijn afgeleid van de uitgebreide beschrijving van het proces van aanleg en vulling van de bergingslocaties in hoofdstuk 2. In de paraaf 7.3.4 wordt aangegeven welke specifieke activiteiten/processen per variant in beschouwing worden genomen.

Locatie Lomm

Voor de locatie Lomm worden drie varianten in beschouwing genomen, te weten:

- de nulvariant (Lomm-0)
- ongescheiden bergen in kleischerm (Lomm-1a)
- gescheiden bergen in kleischerm (Lomm-1b)

Nulvariant (Lomm-0)

In de huidige situatie en bij autonome ontwikkeling blijft verontreinigd bodemmateriaal in de weerdgronden en op de rivierbodem aanwezig. Deze situatie geldt als referentie.

Ongescheiden bergen in kleischerm (Lomm-1a)

Deze variant kan als volgt worden gekenmerkt.

⇒ *de (verontreinigde) deklaag wordt verwijderd en in depot gezet;*
⇒ zand en grind worden ontgraven;
⇒ het ontgraven zand en grind wordt bewerkt in een scheidingsinstallatie;
⇒ de fijne fractie wordt teruggestort in de bergingslocatie; de grove fractie afgevoerd;
⇒ in de ontgraven put wordt een kleischerm van niet verontreinigd materiaal aangelegd;
⇒ de gegraven put staat niet in open verbinding met de Maas;
⇒ de in depot gezette (verontreinigde) deklaag wordt met dumpers aangevoerd en in de put gestort;
⇒ baggerspecie van elders wordt aangevoerd met bakken;
⇒ overslag van de baggerspecie vindt plaats met behulp van een bakkenzuiger.

Gescheiden bergen in kleischerm (Lomm-1b)

Deze variant komt grotendeels overeen met variant Lomm-1a. Het grote verschil zit in het gescheiden bergen van het verontreinigde en niet verontreinigde materiaal.

Locatie Well-Aijen

Ook voor de locatie worden drie varianten in beschouwing genomen, te weten:

- de nulvariant (Well-0)
- ongescheiden bergen in half open bergingslocatie (Well-1a)
- gescheiden bergen in half open bergingslocatie (Well-1b)

Nulvariant (Well-0)

In de huidige situatie en bij autonome ontwikkeling blijft verontreinigd bodemmateriaal in de weerdgronden en op de rivierbodem aanwezig. Deze situatie geldt als referentie.

Ongescheiden bergen in half open bergingslocatie (Well-1a)

Deze variant kan als volgt worden gekenmerkt.

⇒ de deklaag wordt verwijderd en gedeeltelijk (alleen waar de bergingslocatie komt) in depot gezet;
⇒ het zand wordt ontgraven m.b.v. winzuiger;
⇒ de ontstane put staat in open verbinding met de Maas;
⇒ het ontgraven zand wordt bewerkt in een scheidingsinstallatie;
⇒ de fijne fractie wordt teruggestort in bergingslocatie; de grove fractie afgevoerd;
⇒ de baggerspecie wordt aangevoerd met bakken;
⇒ het lossen vindt plaats door middel van klappen (onderlossers);
⇒ de in depot gezette deklaag wordt met dumpers aangevoerd en in de put gestort.

Gescheiden bergen in half open bergingslocatie (Well-1b)
Deze variant komt grotendeels overeen met variant Well-1a met dit verschil dat verontreinigd en niet verontreinigd materiaal apart wordt geborgen. Het niet-verontreinigde materiaal wordt eerst als een soort bufferende laag in de berging aangebracht. Hier bovenop wordt verontreinigde materiaal aangebracht. Het voordeel van deze methode is een extra isolerende/remmende werking voor verspreiding naar het grondwater.

Resumé
Uitgaande van een zo beperkt mogelijk aantal varianten dat in de uitwerking wordt betrokken zijn in eerste instantie 6 varianten uitgewerkt. In Tabel 7-1 zijn deze samengevat.

Tabel 7-1: Overzicht varianten

variant	omschrijving
Lomm-0	autonome ontwikkeling locatie Lomm
Lomm-1a	ongescheiden bergen in kleischermen
Lomm-1b	gescheiden bergen in kleischermen
Well-0	autonome ontwikkeling locatie Well-Aijen
Well-1a	ongescheiden bergen in halfopen bergingslocatie
Well-1b	gescheiden bergen in halfopen bergingslocatie

7.3.3 Opzet ketenbenadering

Algemeen
Bij de verwerkingsketen van verontreinigde niet-vermarktbare grond zijn activiteiten en processen aan de orde met een sterk verschillend karakter en een sterk verschillende tijdsdimensie. Sommige processen zijn kortstondig en eenmalig, andere processen permanent en langdurig. Om deze activiteiten onder een noemer te brengen is gekozen voor het opdelen van de totale tijdsperiode die normaal bij de beoordeling van emissies uit baggerspeciebergingslocaties in beschouwing wordt genomen op te delen in een aantal tijdstappen. De tijdstappen worden in chronologische volgorde gezien steeds langer. Per tijdstap kunnen de optredende processen en activiteiten worden aangegeven en gekwantificeerd. Door de optredende emissies te sommeren en in de tijd gezien te cumuleren ontstaat een totaalbeeld van de emissies.

Processen
In principe zijn alle processen die in de verwijderingsketens relevant kunnen zijn (onderdelen van de keten waarbij emissie van verontreiniging kan plaatsvinden) in beschouwing genomen. Daarnaast zijn ook de processen in de nulsituatie en de autonome ontwikkeling van belang. In Tabel 7-2 is een overzicht gegeven van de onderscheiden activiteiten en processen.

Tabel 7-2: *Overzicht activiteiten en processen*

activiteit/ onderdeel keten	beschrijving proces
nulsituatie/ autonome ontwikkeling	uitspoeling van verontreinigingen naar het grondwater
	erosie van bodemsediment
	uitwisseling met oppervlaktewater
	opname door vegetatie
nat ontgraven	baggeren
droog ontgraven	ontgraven
	overslag naar varend transport
transport	dichte beunbakken
	onderlosser
	dumpers
	overslag uit beunbakken
storten in bergingslocatie	storten met onderlosser
	hydraulisch storten met valpijp
	kiepen met dumpers
	erosie tijdens stortfase
aanwezigheid berging in plangebied	consolidatie
	advectie en diffusie
	erosie
	opname door vegetatie

Tijdstappen

Voor het vergelijk van varianten kan gekeken worden naar de situatie op verschillende tijdstippen. Afhankelijk van het tijdstip of periode kan de ene keten beter scoren dan de ander. Om het inzicht in het vergelijk tussen de varianten te vergroten zijn naast een 'eindsituatie' (totale verspreiding na 10.000 jaar) enkele tijdstippen/periodes in beeld gebracht die min of meer parallel lopen met de processen/activiteiten behorende bij de bergingsvarianten. Vanwege de grotere variatie en intensiviteit van processen in het begin van de keten (de daadwerkelijke uitvoering van het project) zijn hier meer tijdstappen te onderscheiden. In Tabel 7-3 is een overzicht gegeven van de beschouwde tijdstippen/periodes.

Tabel 7-3: Relevante tijdstippen en periodes waarin emissie plaatsvindt gekoppeld aan activiteiten processen

periode	processen
0 uur – 1 uur	baggeren droog ontgraven overslag
1 uur – 1 dag	transport storten
1 dag - 5 dagen	storten flux/waterbeweging naar de Maas
5 dagen - 1 maand	sedimentatie
1 maand – 1 jaar	consolidatie
1 jaar – 10 jaar	consolidatie
10 jaar - 100 jaar	consolidatie advectie/diffusie erosie
100 jaar - 1.000 jaar	advectie/diffusie
1.000 jaar - 10.000 jaar	advectie/diffusie erosie

Uit Tabel 7-3 blijkt dat een grove indeling kan worden gemaakt in drie periodes waarin bepaalde (groep van) processen relevant zijn, te weten:

- de periode tot circa 1 maand: diverse processen die te maken hebben met het opnemen, transporteren, tijdelijk in depot zetten en storten van baggerspecie;
- de periode van 1 maand tot circa 10 jaar: vooral consolidatie van baggerspecie;
- de periode na 10 jaar: advectief transport en diffusie van verontreinigingen.

Doordat de aanleg en het vullen van de berging enkele jaren duurt en mogelijk ook nog overlapt kunnen de verschillende processen naast elkaar optreden. **De beschouwing is gebaseerd op één standaard m³.** De onderlinge beïnvloeding wordt hiermee buiten beschouwing gelaten en wordt een beeld gecreëerd van het gemiddelde effect.

Compartimenten
Vanuit de verontreinigde baggerspecie kan emissie optreden naar het oppervlaktewater en het grondwater. Bij het oppervlaktewater wordt nog onderscheid gemaakt tussen opgeloste verontreinigingen en verontreiniging gebonden aan zwevend stof en/of sediment.

Het compartiment lucht wordt niet in beschouwing genomen. Eventuele verspreiding in de vorm van aërosolen wordt verwaarloosbaar geacht.

Componenten
De emissies die vanuit de keten optreden worden bepaald voor de volgende stoffen:

- Zware metalen: cadmium, zink, koper en lood;
- PAK: fenantreen, fluorantheen, antraceen en naftaleen.

De zware metalen cadmium, zink, koper en lood zijn meegenomen omdat deze vaak als maatgevende verontreiniging in de waterbodem voorkomen. Los van het feit of deze onder bepaalde condities meer of minder snel in oplossing gaan zullen ze bij andere vormen van emissie (bijvoorbeeld mors) ook maatgevend kunnen zijn. Met betrekking tot de 4 genoemde PAK geldt dat deze als meest mobiele stoffen in de beschouwing zijn opgenomen.

Model
Het model waarmee de emissies uit de ketens worden berekend betreft een spreadsheet. Het model bestaat uit invulbladen, rekenbladen en bladen met resultaten.

Invoergegevens
Als invoergegevens voor het model zijn emissiegegevens per proces of activiteit per tijdsperiode nodig. De emissie dient hierbij beschikbaar te zijn als flux of als verliespercentage. De benodigde invoergegevens zijn ontleend aan de elders in dit rapport uitgevoerde emissieberekeningen en aan literatuur.

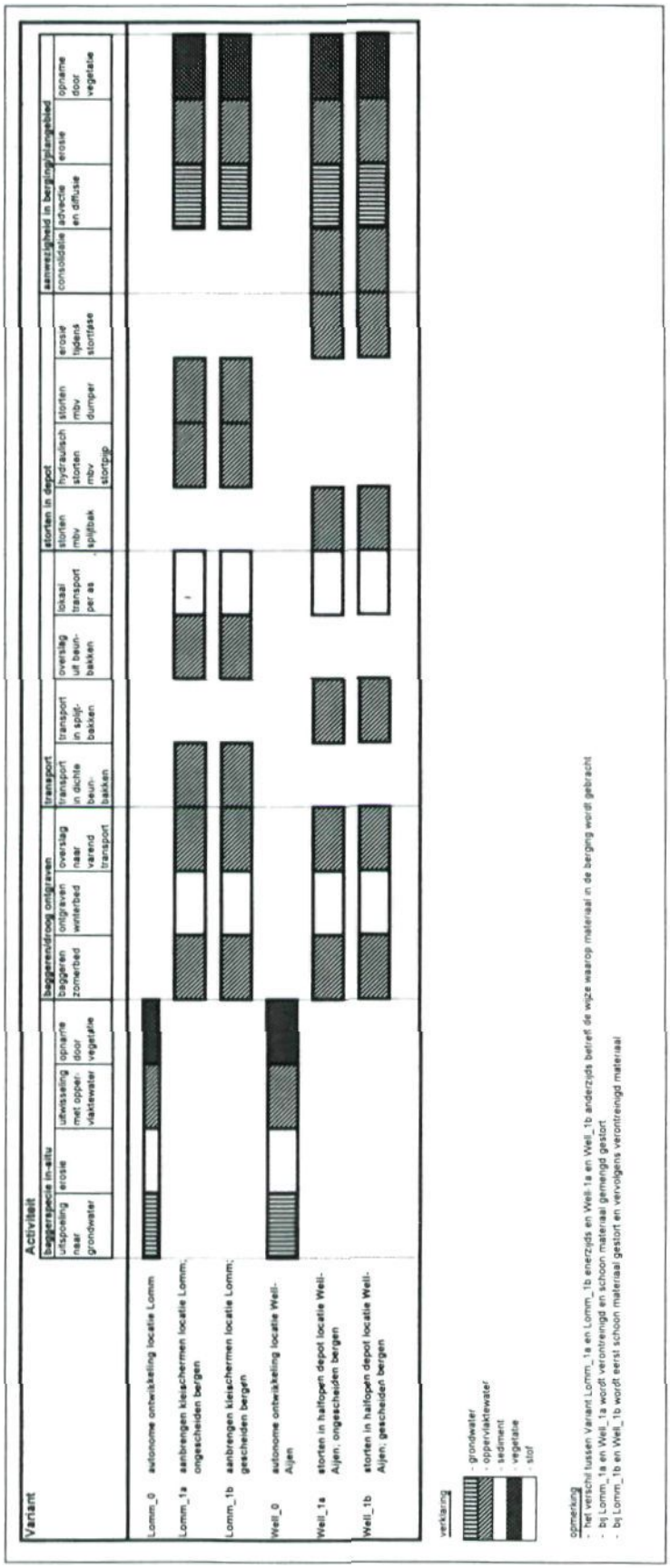
Resultaten en uitvoer
De resultaten van de berekeningen worden per component grafisch weergegeven in de vorm van het percentage verontreinigingen dat in de beschouwde keten achterblijft. In de loop van de tijd neemt de vracht aan verontreinigingen in de keten (standaard m³) af. Door gebruik te maken van een logaritmische schaal op de tijdas kunnen alle tijdstappen, van 0 tot 10.000 jaar, gepresenteerd worden.

7.3.4 Vaststellen relaties tussen varianten en activiteiten

In Figuur 7-3 zijn de relaties tussen de varianten en activiteiten aangegeven. In deze figuur is tevens het ontvangende milieucompartiment aangegeven. Ten aanzien van de figuur wordt het volgende opgemerkt:

- de meeste activiteiten hebben een emissie naar het oppervlaktewater tot gevolg en vinden gedurende een relatief korte periode plaats;
- de emissies naar het grondwater treden vooral op langere termijn op en hangen samen met het bergen van de verontreinigde baggerspecie;
- opname door vegetatie treedt alleen op indien de baggerspecie zich binnen de wortelzone van de vegetatie bevindt;
- bij ontgraving in den droge en lokaal transport per as zullen normaal gesproken geen emissies van verontreinigd materiaal optreden;
- voor de autonome ontwikkeling spelen op beide locaties globaal dezelfde processen/activiteiten een rol;
- bij de 'bergingsvarianten' worden in de uitwerking nog subvarianten onderscheiden die samenhangen met het al dan niet gescheiden bergen van verontreinigd en niet verontreinigd materiaal.

Figuur 7-3: Relaties tussen varianten en activiteiten



7.4 Kwantificering effecten

7.4.1 Definiëren uitgangsmateriaal

De hele ketenbenadering heeft tot doel het inzichtelijk maken van de (on)gecontroleerde verspreiding van verontreinigingen. Bij een vergelijk van varianten onderling zou een berekening in een percentage van de oorspronkelijk aanwezige (vracht aan) verontreiniging kunnen volstaan. Om de ernst van deze emissies te kunnen interpreteren is het daarnaast echter noodzakelijk om ook absolute waarden aan verontreinigingen in het uitgangsmateriaal te kennen.

Bij het bepalen van de milieueffecten in de nulsituatie (autonome ontwikkeling) is de totale vracht aan verontreinigingen van in het plangebied aanwezige materiaal bepaald. In Tabel 7-4 zijn de gehanteerde gegevens opgenomen.

Tabel 7-4: Gemiddelde samenstelling te bergen materiaal

parameter	totale hoeveelheid			gemiddelde samenstelling per m3		
	eenheid	Lomm	Well-Aijen	eenheid	Lomm	Well-Aijen
droge stof	ton	$4,4 * 10^6$	$7,1 * 10^6$	-	-	-
cadmium	ton	4,9	6,0	mg/m3	1.546	1.172
zink	ton	641,7	1144,1	mg/m3	202.451	224.075
koper	ton	71,4	111,9	mg/m3	22.515	21.908
lood	ton	207,3	385,3	mg/m3	65.401	75.463
fenantreen	ton	0,5	0,6	mg/m3	51	44
fluorantheen	ton	0,8	1,0	mg/m3	90	88
antraceen	ton	0,2	0,2	mg/m3	258	192
naftaleen	ton	0,3	0,5	mg/m3	154	124

De in Tabel 7-4 genoemde getallen worden als gemiddelde waarden voor al de te verwerken (verontreinigde) baggerspecie gehanteerd exclusief het materiaal dat wordt gebruikt in de afdeklagen van de hoogwatergeul en de bergingen. Hiervoor is gekozen omdat het materiaal uit de afdeklagen niet in de verdere emissie berekeningen is betrokken. Gelet op de totale vracht aan verontreinigingen in het materiaal bestemd voor de afdeklagen moet voor de locatie Lomm rekening worden gehouden met nog 15-25% van de in Tabel 7-4 genoemde totale hoeveelheden aan verontreinigingen. Voor de locatie Well-Aijen gaat het om nog eens circa 3-10% van de genoemde hoeveelheden.

In bijlage VII-1 is een uitgebreide tabel van de samenstelling van het uitgangsmateriaal opgenomen. Daarin is de kwaliteit van de afzonderlijke deelstromen aangegeven.

Uit Tabel 7-4 blijkt dat de gemiddelde kwaliteit van het te bergen materiaal voor de 2 locaties redelijke vergelijkbaar is. Het op locatie Lomm te bergen materiaal bevat gemiddeld iets hogere gehalten aan PAK. De gemiddeld hoogste gehalten aan zware metalen variëren per locatie. De grootste totale vracht aan verontreiniging komt voor in het materiaal bestemd voor de locatie Well-Aijen.

7.4.2 Bepalen kentallen emissie voor de onderscheiden processen

Bij elke activiteit die in het kader van de verwijdering en verwerking van het materiaal uit het zomer en winterbed wordt ontplooid kan een bepaalde hoeveelheid verontreinigingen door verschillende processen worden verspreid naar de omgeving. Het totaal van al deze verliezen komt overeen met de totale emissie van een keten.

Om deze mate van emissie te kwantificeren zijn kentallen gedefinieerd. Hiernavolgend worden de verschillende kentallen per activiteit gedefinieerd en toegelicht. Tenzij expliciet vermeld gelden deze kentallen voor alle varianten waar een dergelijke activiteit plaatsvindt.

Zoals in paragraaf 7.3.3 is aangegeven kunnen de optredende verliezen in de tijd variëren. Bij activiteiten/processen die zeer lang duren kan het nodig zijn een kental voor verschillende periodes te hanteren. In bijlage VII-2 zijn uitgebreide overzichten van de kentallen voor alle tijdstippen opgenomen.

Aanwezigheid specie in nulsituatie / autonome ontwikkeling
In Tabel 7-5 zijn de kentallen samengevat die horen bij de processen die voor emissie van verontreiniging in de autonome situatie zorgen. De in de tabel opgenomen waarden betreffen een percentage van de vracht aan verontreiniging in het oorspronkelijke materiaal.

De mate van uitspoeling van verontreinigingen naar het grondwater verandert in de tijd. Ten aanzien van deze emissie (flux) zijn globale berekeningen uitgevoerd (zie paragraaf 3.6). De waarden zoals genoemd in Tabel 7-5 bij uitspoeling richting het grondwater gelden in dit hoofdstuk als gemiddelde waarden over een periode van 100 jaar. De waarden uit Tabel 7-5 zijn bepaald door de berekende flux voor het tijdstip 100 jaar te betrekken op de totale vracht aan verontreiniging in de uitgangssituatie. Hierdoor wordt een procentueel aandeel verkregen. Voor de berekeningen op langere termijn gelden andere waarden (zie bijlage VII-2). Uit de tabel blijkt dat de emissiewaarden voor Lomm procentueel hoger liggen dan voor de locatie Well-Aijen.

In hoofdstuk 3 is een inschatting gemaakt van emissies van verontreinigingen vanuit de te ontgraven winterbed deklaag richting het grondwater. Het te ontgraven zomerbed is in hoofdstuk 3 buiten beschouwing gelaten. In de onderhavige ketenbenadering wordt emissie uit het zomerbed in de nulsituatie/autonome ontwikkeling derhalve niet gekwantificeerd. Dit betekent in feite een onderschatting van de totale emissies in de nulsituatie/autonome ontwikkeling.

Verspreiding van verontreiniging als gevolg van erosie treedt alleen bij hoogwater op en heeft dan betrekking op materiaal uit het winterbed. Deze mate van erosie wordt verondersteld constant te zijn gedurende de te beschouwen periodes. Dit als schematisatie van de werkelijkheid, waarbij het ene jaar meer erosie optreedt dan het andere. Omdat daarnaast de aanwas gelijk wordt verondersteld aan de erosie wordt de netto verspreiding van materiaal gelijk aan nul gesteld.

Voor de autonome ontwikkeling is de uitwisseling met het oppervlaktewater niet gekwantificeerd. De reden hiervoor is dat de het winterbed slechts sporadisch onder water staat en derhalve de mogelijkheden voor uitwisseling zeer beperkt zijn.

Opname van verontreiniging door vegetatie kan plaatsvinden zolang de verontreiniging zich in de wortelzone van de vegetatie bevindt. Verondersteld is dat de opname gedurende een periode van maximaal 100 jaar plaatsvindt. De opname door vegetatie (maïs) is in hoofdstuk 3 bepaald door een berekende flux te betrekken op de totale hoeveelheid verontreiniging aanwezig in de baggerspecie. De zo verkregen waarde geeft een gemiddeld waarde voor de verspreiding. De verspreiding zal in de praktijk anders verlopen; immers, alleen in de wortelzone is de verontreiniging beschikbaar voor opname door planten. Uit de in Tabel 7-5 gepresenteerde waarden blijkt dat procentuele emissie als gevolg van opname door vegetatie voor locatie Well-Aijen hoger is dan die voor de locatie Lomm. Dit komt doordat de aanwezige vracht op de locatie Well-Aijen over een groter oppervlak aanwezig is een daarmee beter beschikbaar is. De gemiddelde laagdikte in het winterbede bedraagt voor de locatie Well-Aijen circa 3,5 m en voor de locatie Lomm circa 2 m. Bij een gelijke opname door vegetatie is het procentueel aandeel derhalve groter. Opgemerkt wordt dat de opname van koper en lood zijn afgeleid als gemiddelde waarde van de opname van cadmium en zink. Voor antraceen en is de opnamewaarde afgeleid uit het gemiddelde van de opname van fenanthreen en fluortantheen.

Tabel 7-5: Kentallen emissie verontreiniging bij nulsituatie / autonome ontwikkeling, gemiddeld per jaar gedurende de 1e 100 jaar

parameter	eenheid	uitspoeling richting grondwater		erosie	uitwisseling met oppervlaktewater	opname door vegetatie	
		Lomm	Well-Aijen			Lomm	Well-Aijen
cadmium	%	3,77E-04	1,46E-04	-	-	6,51E-03	2,33E-02
zink	%	1,06E-04	4,14E-05	-	-	6,74E-03	1,65E-02
koper	%	3,40E-04	1,57E-04	-	-	3,05E-02	8,51E-02
lood	%	1,93E-04	6,51E-05	-	-	1,05E-02	2,47E-02
fenantreen	%	1,80E-04	6,20E-05	-	-	4,16E-05	1,40E-04
fluorantheen	%	1,46E-04	1,06E-05	-	-	3,06E-06	1,11E-05
antraceen	%	1,23E-04	1,71E-04	-	-	7,00E-05	2,22E-04
naftaleen	%	5,30E-05	2,31E-05	-	-	4,00E-05	1,11E-04

Baggeren / droog ontgraven
In Tabel 7-6 zijn de kentallen samengevat die horen bij de processen die voor emissie van verontreiniging kunnen zorgen bij ontgraven of baggeren. Voor de ketenbenadering wordt ervan uitgegaan dat het materiaal uit het zomerbed wordt gebaggerd en het materiaal uit het winterbed droog wordt ontgraven.

Bij het baggeren kan door opwoeling/vertroebeling en mors een deel van de verontreinigde baggerspecie ongecontroleerd verspreiden. Door het treffen van maatregelen kan deze verspreiding geminimaliseerd worden. Uitgaande van een morslaag van enkele cm's op een ontgravingsdikte van 2 m wordt rekening gehouden met een verlies van 1 à 2%. De morslaag heeft over het algemeen een lagere dichtheid dan het oorspronkelijke sediment waardoor de verloren vracht ook lager is. De wordt op 0,5 % gesteld. Daarnaast vormt de specie uit het zomerbed slechts een gering deel van de totaal te ontgraven en bergen specie. Voor de locatie Lomm betreft het ongeveer 800.000 m3 hetgeen overeenkomt met 25% van het totaal. Voor de locatie Well-Aijen gaat het om circa 195.000 m3 hetgeen overeenkomt met circa 5% van het totaal. Indien dit aandeel wordt verrekend betekent dit dat het procentuele verlies bij baggeren voor de locaties Lomm en Well-Aijen respectievelijk 0,125% en 0,025% bedraagt.

Bij het droog ontgraven zal normaal gesproken geen verspreiding van verontreiniging optreden naar het grond- en/of oppervlaktewater. Eventueel kan wel een verspreiding via stof naar de directe omgeving plaatsvinden. Deze emissie wordt verwaarloosbaar gesteld.

Bij overslag van materiaal in varend transport kan verlies optreden. Rekening is gehouden met een op deze wijze veroorzaakte emissie van circa 0,01 %. Rekening houdend met het aandeel aan materiaal dat in varend transport wordt de emissiewaarde verder gereduceerd. Voor de locatie Lomm wordt circa 800.000 m3 per varend transport vervoerd, oftewel 25%. Voor de locatie Well-Aijen wordt in totaal circa 3.500.000 m3 via varend transport vervoerd oftewel 65%. De emissiefactoren voor overslag naar varend transport worden hiermee 0,0025% en 0,0065% voor respectievelijk de locatie Lomm en de locatie Well-Aijen.

Tabel 7-6: Kentallen emissie verontreiniging bij baggeren / droog ontgraven

parameter	eenheid	baggeren		droog ontgraven	overslag naar varend transport	
		Lomm	Well		Lomm	Well
cadmium	%	0,125	0,025	-	0,0025	0,0065
zink	%	0,125	0,025	-	0,0025	0,0065
koper	%	0,125	0,025	-	0,0025	0,0065
lood	%	0,125	0,025	-	0,0025	0,0065
fenantreen	%	0,125	0,025	-	0,0025	0,0065
fluorantheen	%	0,125	0,025	-	0,0025	0,0065
antraceen	%	0,125	0,025	-	0,0025	0,0065
naftaleen	%	0,125	0,025	-	0,0025	0,0065

Voor de verschillende stoffen wordt geen onderscheid gemaakt in de kentallen. Er wordt van uitgegaan dat de verontreinigingen homogeen over specie zijn verdeeld en dat de emissie evenredig is aan het verlies (mors, vertroebeling etc.) van droge stof.

Transport en overslag
In Tabel 7-7 zijn de kentallen samengevat die horen bij de processen die voor emissie van verontreiniging kunnen zorgen bij transport en overslag.

Bij transport van verontreinigde baggerspecie in dichte bakken (boven- en onderafdichting) zal normaal gesproken geen ongecontroleerde verspreiding optreden.

Bij onderlossers moet rekening worden gehouden met een lekverlies naar het oppervlaktewater. Het lekverlies is hierbij afhankelijk van de te overbruggen afstand. Bij de locatie Well-Aijen wordt de specie deels aangevoerd met onderlossers. Rekening is gehouden met een verlies van 0,1%. Bij de locatie Lomm wordt met dichte bakken gevaren. De emissie is hierbij verwaarloosbaar gesteld.

Bij overslag van specie naar het depot zal door mors etc. een geringe hoeveelheid verontreiniging ongecontroleerd verspreiden. Dit proces treedt alleen op de locatie Lomm. Rekening is gehouden met de eerder genoemde percentage bij overslag naar varend transport bij de locatie Lomm, te weten 0,0025%.

Bij het transport per as kan verlies als gevolg van verstuiving of morsen optreden. Door in de uitvoering zorgvuldig te werk te gaan en bijvoorbeeld een bepaalde werkvolgorde aan te houden kan eventueel gemorst materiaal later alsnog worden verwijderd. Het verlies bij transport per as wordt derhalve verwaarloosbaar geacht.

Tabel 7-7: Kentallen emissie verontreiniging bij transport en overslag

parameter	eenheid	varend transport dichte bakken	varend transport onderlosser	overslag uit beunbakken	lokaal transport per as
		Lomm	Well	Lomm	
cadmium	%	-	0,1	0,0025	-
zink	%	-	0,1	0,0025	-
koper	%	-	0,1	0,0025	-
lood	%	-	0,1	0,0025	-
fenantreen	%	-	0,1	0,0025	-
fluorantheen	%	-	0,1	0,0025	-
antraceen	%	-	0,1	0,0025	-
naftaleen	%	-	0,1	0,0025	-

Voor de onderscheiden verontreinigingen wordt bij de beschouwde processen/activiteiten geen verschil in de mate van verspreiding verwacht.

Storten in berging
In Tabel 7-8 zijn de kentallen samengevat die horen bij de processen die voor emissie van verontreiniging kunnen zorgen bij het storten van specie in een berging.

Bij het storten van specie zal een deel van de specie in suspensie gaan. Dit wordt het potentiële stortverlies genoemd en is onder andere afhankelijk van de wijze van storten. Dit potentiële stortverlies kan via twee mechanismen leiden tot verspreiding van verontreiniging buiten de berging:

- de verspreiding van gesuspendeerd materiaal (zwevend stof) via stroming met daaraan geadsorbeerde verontreiniging; dit proces wordt ook wel het actuele stortverlies genoemd.
- het in oplossing gaan van de verontreiniging die geadsorbeerd zijn aan de gesuspendeerde specie (desorptie).

In paragraaf 6.4 is uitgebreid ingegaan op beide processen. Geconcludeerd is dat er geen desorptie zal optreden omdat het zwevend stof in de Maas sterker verontreinigd is dan het te bergen sediment. Actueel stortverlies kan echter wel optreden. In Tabel 7-8 is dan ook onderscheid gemaakt tussen de verschillende methoden. Het hydraulisch storten geeft het grootste verlies te zien, het storten met een onderlosser het laagste. De genoemde waarden zijn gebaseerd op het gemiddelde stortverlies van 1% dat als worst case benadering wordt gezien in paragraaf 6.6.
Opgemerkt dat deze verliezen alleen een rol spelen bij de locatie Well-Aijen omdat deze in directe verbinding staat met de Maas. Bij het storten in een kleischerm op de locatie Lomm treedt in eerste instantie ook vertroebeling op maar het water kan hier niet verspreiden. Na verloop van tijd zakt zwevende stof weer naar de bodem. Voor de locatie Lomm wordt er daarbij wel van uitgegaan dat er geen retourwater uit de berging vrijkomt.

De bergingslocaties zijn gesitueerd in het winterbed. Hierdoor bestaat de kans dat bij hoogwater erosie van de gestorte specie optreedt. Gezien de lage stroomsnelheden bij gemiddelde omstandigheden in het oppervlaktewater boven het geborgen materiaal wordt verwacht dat erosie geen rol speelt bij de verspreiding van verontreinigingen naar het oppervlaktewater.

Tabel 7-8: Kentallen emissie verontreiniging bij storten

parameter	eenheid	storten met onderlosser	hydraulisch storten	storten met dumper		erosie bij storten in open bergingslocatie
		Well-Aijen	*Lomm*	*Lomm*	Well-Aijen	*Well-Aijen*
cadmium	%	0,5	-		1,5	-
zink	%	0,5	-		1,5	-
koper	%	0,5	-		1,5	-
lood	%	0,5	-		1,5	-
fenantreen	%	0,5	-		1,5	-
fluorantheen	%	0,5	-		1,5	-
antraceen	%	0,5	-		1,5	-
naftaleen	%	0,5	-		1,5	-

Aanwezigheid baggerspecie in bergingslocatie, hergebruik in plangebied
In Tabel 7-9 zijn de kentallen samengevat die horen bij de processen die voor emissie van verontreiniging kunnen zorgen nadat de specie in een berging is gebracht.

Nadat de specie in een berging is gebracht zijn er enkele processen die verspreiding van verontreiniging veroorzaken. Door consolidatie van de specie treedt verontreinigd water uit. Dit verontreinigde water wordt direct verspreid via het oppervlaktewater en/of grondwater. De consolidatie zal in het begin hoog zijn maar neemt in de loopt van de tijd met het indikken van de specie sterk af. Ten aanzien van de optredende consolidatie zijn in het kader van de onderhavige studie indicatieve berekeningen uitgevoerd. De resultaten zijn echter ondergebracht in de totale flux die uittreedt uit de bergingsvarianten. Het is zonder aanvullende *berekeningen op dit moment niet mogelijk de consolidatieflux als aparte emissie in beeld te brengen.*

Naast uittredend water als gevolg van consolidatie en infiltratie van regenwater (advectie) zal ook door diffusie transport verontreiniging naar het grondwater verspreid worden. Bij de bespreking van de kentallen voor verspreiding vanuit de autonome ontwikkeling is al aangegeven dat de flux naar het grondwater (volgens uitgevoerde berekeningen) voor de beschouwde bergingslocaties vrijwel gelijk zijn. De in de tabel opgenomen waarden zijn de resultaten van berekeningen voor de locatie Lomm. Voor de locatie Well-Aijen liggen deze waarden over het algemeen iets lager. De in Tabel 7-9 opgenomen waarden hebben betrekking op de situatie waarin ongescheiden geborgen wordt. De waarden zijn afgeleid uit de actuele flux op het tijdstip 100 jaar en zijn gepresenteerd als de procentuele emissie gedurende een jaar ten opzicht van de totaal geborgen vracht aan verontreiniging. Voor zware metalen zijn geen emissieberekeningen uitgevoerd (zie bijlage I-5). Om onderschatting van emissie in de keten te voorkomen zijn indicatief waarden voor de zware metalen afgeleid uit 2 maal de toegestane normflux uit de BvB. Bij het gescheiden bergen van verontreinigde en niet verontreinigd sediment neemt deze totale emissiewaarde af.

Bij de halfopen bergingslocatie op de locatie Well-Aijen zal mogelijk ook erosie optreden van verontreiniging. Doordat de bergingslocaties zo zijn ontworpen dat een relatief dikke laag water boven de specie komt te staan en de bergingslocaties in het winterbed van de Maas zijn gesitueerd zal erosie slechts in beperkt mate optreden.

Overeenkomstig de autonome ontwikkeling kan een deel van de verontreiniging worden opgenomen door aanwezige vegetatie. Omdat bergingslocaties naar verwachting altijd nat blijven zal hier geen vegetatie groeien. Bij hergebruikslocaties zal een schone afdeklaag aan de bovenzijde van de specie opname door vegetatie verhinderen. Samenvattend wordt gesteld dat de opname door vegetatie derhalve niet aan de orde is.

Tabel 7-9: Kentallen emissie verontreiniging bij aanwezigheid specie in bergingslocatie Lomm voor de 1e 100 jaar (ongescheiden berging)

parameter	eenheid	advectie/ diffusie		erosie	opname door vegetatie
		Lomm	Well-Aijen		
cadmium	%	3,88E-04	8,42E-04	-	-
zink	%	5,92E-04	8,81E-04	-	-
koper	%	1,33E-03	2,25E-03	-	-
lood	%	9,16E-04	1,31E-03	-	-
fenantreen	%	1,17E-03	8,90E-04	-	
fluorantheen	%	5,42E-04	5,60E-04	-	-
antraceen	%	2,04E-03	6,61E-04	-	-
naftaleen	%	4,08E-04	3,31E-04	-	-

7.4.3 Resultaten kwantificering effecten

In bijlage VII-3 is de emissie voor de verschillende stoffen gekwantificeerd. Per variant is voor de verschillende activiteiten aangegeven welke emissie optreedt. Hierbij is ook een onderscheid gemaakt tussen verschillende tijdstappen. Naast de emissie per activiteit is ook emissie voor de variant opgenomen. Uit de gepresenteerde getallen kan worden afgeleid hoeveel van de oorspronkelijk in de baggerspecie aanwezige vracht aan verontreiniging door emissie is verloren.

In onderstaande Tabel 7-10 zijn de resultaten uit bijlage VII-3 samengevat. In de tabel is de totale emissie na 1.000 jaar weergegeven. De emissies zijn per variant voor de verschillende activiteiten gesommeerd.

Tabel 7-10: Emissie van verontreiniging na 1.000 jaar (percentage van de oorspronkelijk aanwezige vracht)

parameter	eenheid	Lomm_0	Lomm_1a	Lomm_1b	Well_0	Well_1a	Well_1b
cadmium	%	1,25	0,54	0,54	3,31	1,02	1,02
zink	%	0,84	0,74	0,74	1,93	1,22	1,22
koper	%	3,59	1,48	1,48	9,56	1,96	1,96
lood	%	1,36	1,07	1,07	2,91	1,55	1,55
fenantreen	%	0,75	0,41	0,34	0,41	0,82	0,67
fluorantheen	%	0,22	0,27	0,20	0,07	0,75	0,66
antraceen	%	0,19	0,60	0,56	1,13	0,77	0,68
naftaleen	%	0,08	0,24	0,22	0,16	0,70	0,64

7.5 Interpretatie resultaten en terugkoppeling

7.5.1 Algemeen

In bijlage VII-4 zijn de effecten grafisch uitgezet tegen de periode waarin ze optreden. Hierbij is de volgende aanpak gehanteerd:

- de uitgangssituatie betreft de aanwezige 'vracht' (resthoeveelheid) in de huidige situatie (anno 2000); deze is op 100% gesteld;
- bij de berekening van de emissie in de huidige situatie en autonome ontwikkeling is het zomerbed buiten beschouwing gelaten; dit betekent een onderschatting van de situatie;
- uitgaande van de principes van isoleren beheersen en controleren is in beeld gebracht hoeveel van de vracht in de uitgangssituatie in de loop der tijd in het milieu terechtkomt. Hoe lager deze totale emissie des te meer er sprake is van een 'gecontroleerde situatie' en daarmee een meer gewenste situatie.

7.5.2 Locatie Lomm

Uitgaande van de autonome ontwikkeling (variant Lomm_0) blijkt na 1000 jaar circa 0,08% (naftaleen) tot 3,6% (koper) van de oorspronkelijk aanwezige vracht aan verontreinigingen door emissie in het milieu terecht te komen.

Uit de ketenbenadering volgt dat, afhankelijk van de bergingsvariant, de totale emissie voor sommige stoffen hoger ligt en voor andere lager dan de autonome situatie. Indien de twee bergingsvarianten onderling worden vergeleken lijkt het ongescheiden bergen (variant Lomm_1a) tot iets hogere PAK emissie te leiden dan het gescheiden bergen (variant Lomm_1b). De procentuele emissie ligt in de gescheiden variant maximaal 0,15% lager.

Indien gekeken wordt naar het verloop in de tijd (zie tabellen en grafieken in bijlage VII_4) dan blijkt dat bij de bergingsvarianten in eerste instantie op de korte termijn relatief grote emissies optreden. Dit is het gevolg van alle handelingen die de baggerspecie ondergaat (baggeren, overslaan, transporteren, opslaan).

Nadat de baggerspecie eenmaal geborgen is neemt de cumulatieve emissie relatief gezien minder snel toe ten opzichte van de situatie in de autonome ontwikkeling.

7.5.3 Locatie Well-Aijen

Bij de autonome ontwikkeling van de locatie Well-Aijen is berekend dat na 1000 jaar circa 0,07 % (fluorantheen) tot 10% (koper) van de oorspronkelijk aanwezige vracht door emissie in het milieu terechtkomt.

Bij de beschouwde bergingsvarianten varieert deze totale emissie na 1000 jaar tussen circa 0,7% (diverse PAK) en 2,4% (koper). Er is geen eenduidige differentiatie tussen autonome ontwikkeling en de bergingsvarianten. Indien de twee bergingsvarianten onderling worden vergeleken lijkt het ongescheiden bergen (variant Well-Aijen_1a) tot iets hogere PAK emissie te leiden dan het gescheiden bergen (variant Well-Aijen_1b). De procentuele emissie ligt in de gescheiden variant maximaal 0,15% lager.

Ook hier geldt dat het aandeel in de emissie veroorzaakt door de activiteiten die samenhangen met het baggeren, transporteren, overslaan en storten van de specie in eerste instantie relatief groot is ten opzichte van de emissie volgens de autonome ontwikkeling. Na verloop van tijd neemt de emissie in de autonome ontwikkeling relatief gezien sterker toe.

7.5.4 Nauwkeurigheden / onzekerheden

In de uitgewerkte ketenbenadering zijn relatief veel activiteiten/processen op een emissie nul gesteld. Daarnaast is veelal van gemiddelde waarden uitgegaan. De resultaten laten geen grote verschillen zien tussen de beschouwde varianten. Voor een beter vergelijk van inrichtingsvarianten zouden meer in detail uitgewerkte ketens en berekeningen kunnen worden uitgevoerd.

De processen/activiteiten waar sprake is van één of meer procent emissie kunnen de resultaten sterk beïnvloeden. Een nadere detaillering per deelstroom waarbij afhankelijk van de verontreinigingsgraad een milieuhygiënisch gezien optimalere bagger-, transport of bewerkingstechniek wordt ingezet kan tot een optimalisatie van de bergingsvariant leiden en daarmee tot een reductie van de totale emissies.

7.6 Conclusies

In onderhavig hoofdstuk is een indicatie gegeven van de mate van emissie van verontreinigingen in de huidige situatie en de twee bergingslocaties met twee bergingsvarianten. Emissie is daarbij beschouwd als ongewenst effect/proces. Er wordt geen uitspraak gedaan over de humane en eco(toxico) logische risico's in relatie tot de berekende emissie.

Op basis van een eenvoudige ketenbenadering blijkt dat de activiteiten en processen die worden ondernomen om de specie uit het zomerbed en de weerdgronden te verwijderen en te bergen in 'gecontroleerde' bergingen in eerste instantie een relatief grote emissie aan verontreinigingen veroorzaken. De berekende PAK emissies zijn voor de ongescheiden bergingsvariant iets groter dan voor de gescheiden variant.

Nadat het materiaal is geborgen is de emissie relatief gezien gering en neemt cumulatief ook minder snel toe dan bij de autonome ontwikkeling.

Gezien de relatief gezien grote 'emissies' tijdens de uitvoering verdient het aanbeveling de uitvoeringsprocessen te optimaliseren zodat zo weinig mogelijk emissie hierbij kan optreden.

8. Samenvatting en conclusies

8.1 Algemeen

Begin 1999 is de Trajectnota/MER (TN/MER) Zandmaas/Maasroute gereed gekomen. Op advies van de Commissie MER is De Maaswerken bezig deze Trajectnota op een aantal punten aan te vullen. Eén van deze uitwerkingen vormen de bergingslocaties voor niet-vermarktbare grond, te weten de bergingslocaties Lomm en Well-Aijen. Het gaat hierbij om een detaillering van de effectbeschrijving.

In voorgaande hoofdstukken zijn de resultaten beschreven van een studie naar de effecten (emissies en verspreiding) van de inrichting van de twee bergingslocaties op het grond- en oppervlaktewater. Ter vergelijking is tevens een studie verricht naar effecten in de huidige situatie / autonome ontwikkeling. Daarnaast is met behulp van de ketenbenaderingsmethode globaal inzicht gegeven in de emissies van verontreinigingen in de gehele keten van ontgraven/baggeren-transport-bergen.

Ook zijn een aantal achtergrondstudies uitgevoerd. Het betreft een literatuurstudie naar de afbraak van PAK onder veldcondities, een onderzoek naar verdelingscoëfficienten (Koc's) van PAK onder veldcondities en een beschouwing van de mobiliteit van zware metalen in Maas sediment na berging. Laatst genoemde beschouwing heeft plaatsgevonden naar aanleiding van recent wetenschappelijk onderzoek waaruit blijkt dat zware metalen in baggerspecie na berging niet per definitie immobiel verondersteld mogen worden.

De resultaten van voorgaande hoofdstukken zijn in dit hoofdstuk kort samengevat.

8.2 Ontwerp en uitgangspunten en randvoorwaarden

Op de rechter Maasoever bij Lomm is op een gebied met een oppervlak van ongeveer 95 hectare, een hoogwatergeul gepland met daaromheen weerdverlaging. Oostelijk van de hoogwatergeul, over de gehele lengte van de geul, is een bergingslocatie met een oppervlakte van circa 35 hectare in de vorm van een kleischerm gepland (functioneel depot), dat ervoor moet zorgen dat verdroging als gevolg van grondwaterstandverlaging door de aanleg en aanwezigheid van de hoogwatergeul wordt voorkomen. In bijlage I-1 is de ligging van de bergingslocatie en Hoogwatergeul Lomm weergegeven.

Op de rechteroever van de Maas nabij de plaatsen Well en Aijen zijn op een gebied van circa 165 hectare twee hoogwatergeulen gepland. Onder een van de hoogwatergeulen is een bergingslocatie met een oppervlakte van circa 38 hectare gepland. In bijlage I-2 is de ligging van de bergingslocatie en hoogwatergeul Well-Aijen weergegeven.

Het ontwerp van de bergingslocaties is door De Maaswerken aangeleverd. De uitgangspunten en randvoorwaarden voor de emissie- en verspreidingsberekeningen zijn in overleg met De Maaswerken vastgesteld.

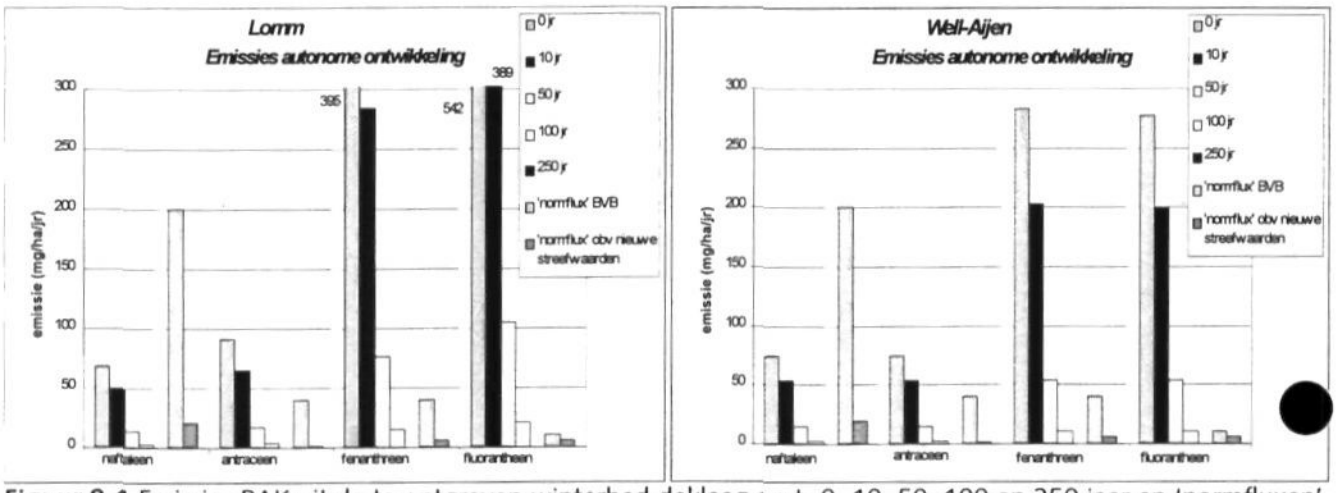
8.3 Emissies huidige situatie / autonome ontwikkeling

Aan de hand van een geochemische balans en fluxberekeningen is een indicatie (orde grootte) gegeven van de mate waarin emissie van verontreinigingen uit de te ontgraven winterbed deklaag richting het grondwater kan optreden in de huidige situatie / autonome ontwikkeling. De berekeningen zijn uitgevoerd voor enkele kritische organische verontreinigingen, namelijk de PAK's naftaleen, antraceen, fenanthreen en fluorantheen. Bij het bepalen van de kritische stoffen is rekening gehouden met de mobiliteit, de concentraties in de grond en streefwaardeniveau's voor het grondwater. Ten aanzien van de huidige situatie zijn ten behoeve van de ketenbenadering tevens emissieberekeningen uitgevoerd voor de zware metalen zink, cadmium, koper en lood. Voor de bergingslocaties (zie paragraaf 8.4) zijn geen emissieberekeningen voor zware metalen uitgevoerd. De reden hiervoor is toegelicht in paragraaf 8.8 'mobiliteit van zware metalen'.

Er is gerekend met de gemiddelde kwaliteit van de te ontgraven deklaag. Ook afbraak (aëroob) van verontreiniging is meegenomen. Er is vanuit gegaan dat de concentraties PAK in een periode van 21 jaar halveren als gevolg van aërobe afbraak (zie bijlage I-2).

Voor de zware metalen cadmium, koper en zink zijn fluxen berekend die de normfluxen voor baggerspeciedepots (BVB) overschrijden. De resultaten van de fluxberekeningen voor de PAK's zijn onderstaand weergegeven.

In onderstaande figuur zijn de berekende emissies voor PAK geïllustreerd in staafdiagrammen voor t=0, 10, 50, 100 en 250 jaar. Ter vergelijking zijn tevens de 'normfluxen' uit het Beleidsstandpunt verwijdering baggerspecie (BVB) en de Concept ministeriële regeling Baggerspeciestortplaatsen op het land weergegeven.



Figuur 8-1 Emissies PAK uit de te ontgraven winterbed deklaag op t=0, 10, 50, 100 en 250 jaar en 'normfluxen' (in mg/ha.jaar)

Met de tijd neemt de emissie van PAK af door afbraak. De berekende fluxen voor de beschouwde PAK's zijn tot circa 100 jaar verhoogd ten opzichte van de 'normfluxen' voor baggerspeciedepots uit de BVB en 'normfluxen' op basis van de nieuwe streefwaarden

Als gevolg van de aannamen, uitgangspunten en modelvereenvoudigingen geven de berekende fluxen een overschatting van de werkelijke fluxen. Voorbeelden van aannamen en uitgangspunten die leiden tot een overschatting zijn de gemiddelde concentraties, het neerslagoverschot en de aanname dat geen nieuwe verontreinigingen worden aangevoerd. De gemiddelde concentratie geeft een overschatting van de werkelijke concentratie in het onderste bodemlaagje van de te ontgraven deklaag, het bodemlaagje waar de emissie volgens de uitgangspunten plaatsvindt. Aangenomen is dat het neerslagoverschot gelijkmatig infiltreert en constant in evenwicht is met de vaste fase. In werkelijkheid zal een deel van het neerslagoverschot via macroporiën naar het grondwater worden afgevoerd en naar verwachting niet in evenwicht komen met de concentraties in de vaste fase.
De berekende fluxen dienen als gevolg van alle aannamen en modelvereenvoudigingen als indicatief beschouwd te worden. De berekende fluxen geven de orde grootte aan.

Voorts is gebleken dat emissie via afvoer van gewassen die geteeld worden op de verontreinigde grond in de uiterwaarden in potentie een veel grotere flux naar de omgeving oplevert dan de emissie richting het grondwater.

8.4 Emissie en verspreiding uit de bergingslocaties naar het grondwater

Vanuit de bergingslocaties kan verspreiding van verontreinigingen naar het grondwater optreden, waardoor de grondwaterkwaliteit wordt beïnvloed. Om deze effecten te kwantificeren zijn emissie- en verspreidingsberekeningen uitgevoerd voor de PAK's naftaleen, antraceen, fenanthreen en fluorantheen. De berekeningen beperken zich tot de vul- en nazorgfase van de berging. De aanlegfase (het graven van de berging) is buiten beschouwing gelaten, daar verwacht wordt dat de beïnvloeding van de grondwaterkwaliteit dan marginaal is.

Allereerst is de consolidatieflux naar het grondwater gemodelleerd. Deze flux is gebruikt als invoer voor de modellering van de effecten op het grondwatersysteem. De grondwaterstroming in en rondom de berging is gesimuleerd met het computerprogramma MODFLOW, waarna de emissie en de verspreiding van PAK naar het grondwater is berekend met het programma MT3D. Met dit programma zijn zowel het diffusief als advectief transport gesimuleerd. Ook afbraak (anaërobe) van verontreiniging is meegenomen. Op basis van een

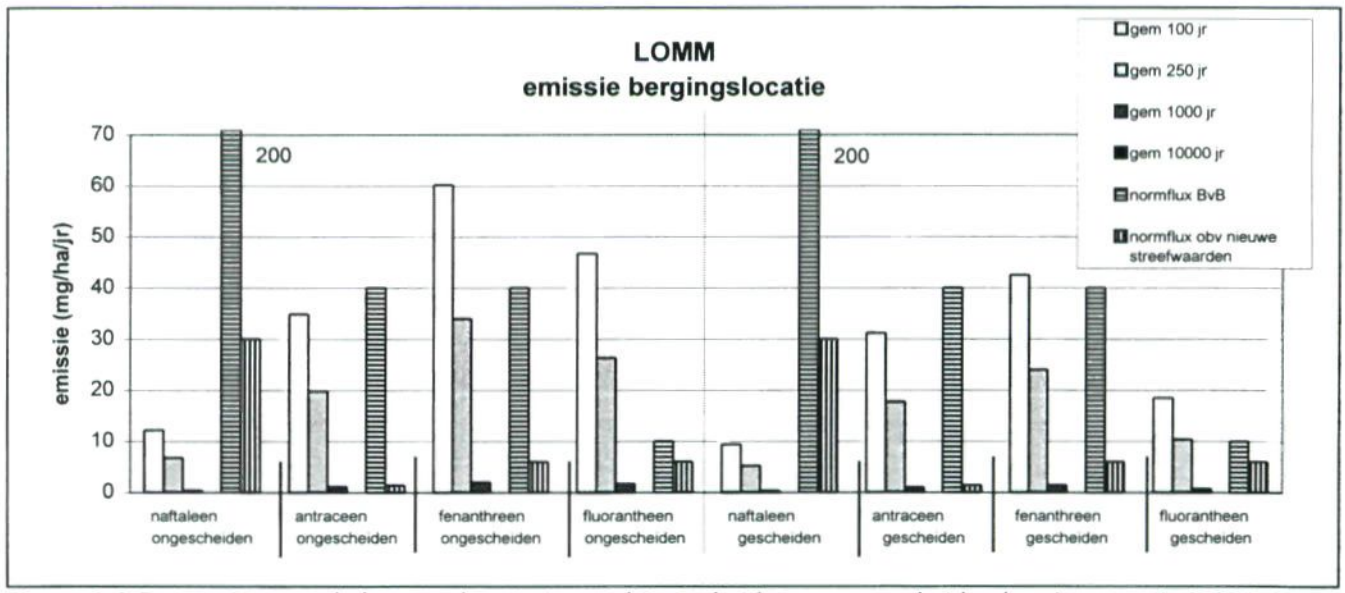
literatuurstudie (zie bijlage I-2) is ervan uitgegaan dat de concentraties PAK in een periode van 180 jaar halveren als gevolg van anaërobe afbraak.

De emissie en verspreiding van verontreiniging uit de bergingslocaties is getoetst aan de richtlijnen in het Beleidsstandpunt Verwijdering Baggerspecie (BVB):

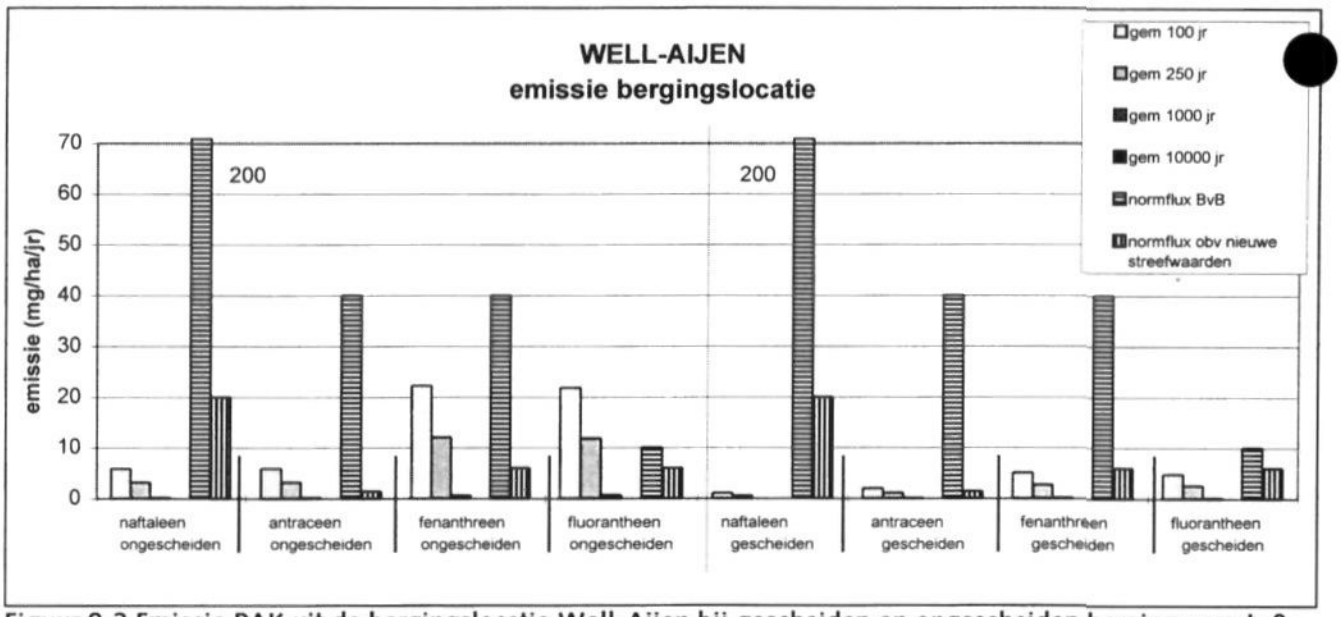
1) Toetsing aan streefwaarden. Indien de concentraties verontreinigingen in het uittredend poriënwater de streefwaarden overschrijden dient stap 2 te worden uitgevoerd.
2) Toetsing fluxen aan toelaatbare fluxen (normfluxen). Worden toelaatbare fluxen niet overschreden, dan is het treffen van isolerende maatregelen niet nodig. Worden toelaatbare fluxen wel overschreden, dan dient stap 3 te worden uitgevoerd.
3) Toetsing verspreiding aan toelaatbaar beïnvloed gebied. Indien het volume van het beïnvloed grondwater (tot gehalten boven de streefwaarde) na 10.000 jaar kleiner is dan het volume van de bergingslocatie, is het nemen van maatregelen veelal minder urgent. Het beïnvloed gebied bestaat bij bergingslocaties onder grondwater uit het deel van de bodem. Indien het volume van het beïnvloed gebied na 10.000 jaar groter is dan het depotvolume, dan moet worden gestreefd naar het nemen van zodanige maatregelen dat aan het gestelde criterium wel wordt voldaan. Isolerende maatregelen, die dit zouden kunnen bewerkstelligen, moeten daarbij passen binnen het ALARA-principe.

Toetsstap 1 (toetsing poriënwaterconcentraties aan streefwaarden)
De berekende poriënwaterconcentraties overschrijden zowel voor de bergingslocatie Lomm als Well-Aijen de streefwaarden. Toetstap 2 dient te worden uitgevoerd.

Toetsstap 2 (toetsing emissie aan normfluxen)
In de onderstaande figuren is een overzicht gegeven van de berekende fluxen (emissie per eenheid van tijd en oppervlakte) vanuit beide bergingslocaties. Daarbij is een onderscheid gemaakt naar de soort PAK en manier van bergen (gescheiden vs ongescheiden). Tevens zijn de normfluxen opgenomen uit het Beleidsstandpunt Verwijdering Baggerspecie (1993) en berekende normfluxen op basis van de nieuwe streefwaarden uit de Staatscourant van 16 juni 2000.



Figuur 8-2 Emissie PAK uit de bergingslocatie Lomm bij gescheiden en ongescheiden berging voor t=0-100, 0-250, 0-1000 en 0-10000 jaar (in mg/ha.jaar)



Figuur 8-3 Emissie PAK uit de bergingslocatie Well-Aijen bij gescheiden en ongescheiden berging voor t=0-100, 0-250, 0-1000 en 0-10000 jaar (in mg/ha.jaar)

Voor alle bergingsvarianten worden voor een periode van 100 à 250 jaar overschrijdingen verwacht van de 'normfluxen' voor baggerspeciedepots uit de BVB en 'normfluxen' op basis van de nieuwe streefwaarden.

Zoals verwacht zijn de emissies voor de gescheiden bergingsvariant lager dan voor de ongescheiden variant. Bij Lomm zijn de emissies in de eerste 100 jaar in de gescheiden variant gemiddeld een factor 2 lager dan in de ongescheiden variant, bij Well-Aijen gemiddeld een factor 4. Als gevolg van de gemodelleerde afbraak wordt het verschil in emissies in de tijd steeds kleiner. Met andere woorden: gescheiden bergen levert een reductie van de emissie naar het grondwater op, maar het is echter niet zo dat daarmee wordt voldaan aan het normfluxen (toetsstap 2)

Toetsstap 3 (beïnvloed volume)
Uit de berekeningen volgt dat het beïnvloed volume buiten de bergingslocaties als gevolg van afbraak van PAK na 10.000 jaar gelijk is aan nul. Er worden derhalve geen overschrijdingen verwacht van het beïnvloed gebied.

Grondwaterwinningen
In het gebied rondom de Maas zijn een aantal locaties waar grondwater wordt onttrokken ten behoeve van drinkwaterbereiding. Bij geen van de bergingsvarianten wordt invloed op grondwaterwinning verwacht.

Conclusies bergingslocaties
Op grond van de resultaten van de emissie- en verspreidingsberekeningen wordt het inrichten van de bergingslocaties zonder aanvullende isolerende maatregelen toelaatbaar geacht.
De berekende uittredende PAK-poriënwaterconcentraties en de verontreinigingsfluxen overschrijden weliswaar de streefwaarden en de 'normfluxen' voor een periode van 100 à 250 jaar, maar als gevolg van afbraak zal de emissie en verspreiding van PAK in de tijd afnemen en wordt verwacht dat het beïnvloed volume na 10.000 jaar gelijk is aan nul.
De risico's als gevolg van (indirecte) verspreiding van verontreiniging naar het oppervlaktewater worden, zeker in relatie tot de achtergrondconcentraties, aanvaardbaar geacht.

8.5 Vergelijking emissies bergingslocaties met emissies huidige situatie / autonome ontwikkeling

Uit de uitgevoerde berekeningen blijkt dat de berekende emissie van PAK per oppervlakte eenheid (hectare) in de huidige situatie groter is dan de emissies uit de bergingslocaties. Het verschil wordt nog groter indien de totale emissie uit de bergingslocaties wordt vergeleken met de totale emissie uit de te ontgraven weerdgrond, immers het weerdoppervlak is globaal 5 maal zo groot als het oppervlakte van de bergingslocaties. De aanname dat geconcentreerd bergen een reductie van de emissie bewerkstelligt wordt hiermee bevestigd.

Voor de huidige situatie / autonome ontwikkeling (aëroob) is een hogere afbraaksnelheid verondersteld dan in de bergingslocaties. Dit in verband met aërobe afbraak in de huidige situatie / autonome ontwikkeling en anaërobe afbraak in de bergingslocaties. De berekende verontreinigingsflux bij autonome ontwikkeling neemt door de hogere afbraaksnelheid onder aërobe condities relatief snel af in vergelijking tot de berekende verontreinigingsflux uit de bergingslocaties (bij verwaarlozing van aanvoer van nieuwe verontreinigingen). De verontreinigingsflux uit de bergingslocaties kan hierdoor op lange termijn relatief gezien hoger worden dan de flux bij autonome ontwikkeling. Echter de verontreinigingsfluxen zijn dan zo laag dat de normfluxen niet worden overschreden (zie paragraaf 8.4)

Voor de zware metalen cadmium, koper en zink zijn fluxen berekend die de normfluxen voor baggerspeciedepots (BVB) overschrijden. De emissie van zware metalen uit de bergingslocaties is niet gekwantificeerd (zie paragraaf 8.8). Een vergelijking van emissie van zware metalen uit de bergingslocaties en nulsituatie /autonome ontwikkeling is daarom niet mogelijk.

8.6 Emissie en verspreiding uit de bergingslocaties naar het oppervlaktewater

Het storten van verontreinigde baggerspecie kan invloed hebben op de kwaliteit van het oppervlaktewater. Verschillende processen spelen hierbij een rol, afhankelijk van het type bergingslocatie (wel of geen verbinding met de Maas) en de fase waarin de bergingslocatie verkeert. Onderscheiden zijn de aanlegfase, de vulfase en de nazorgfase. Berekeningen van de verspreiding van verontreinigingen zijn uitgevoerd voor zowel de vulfase als de nazorgfase.

De bijdrage vanuit de bergingslocaties aan de vracht van verontreinigingen in de Maas is zeer gering. Ook ten aanzien van de opgeloste gehalte (waaraan de ecotoxicologische risico's zijn gekoppeld) wordt geen wijziging van de huidige situatie verwacht. De concentratie opgeloste stoffen in de Maas zal dien ten gevolge niet meetbaar toenemen als gevolg van het storten van grond in de bergingslocaties.

8.7 Ketenbenadering

Met behulp van ketenbenadering is inzicht gegeven in de emissies van verontreinigingen in de gehele keten van ontgraven, transport en verwerken/berging van verontreinigde baggerspecie op de locaties Lomm en Well-Aijen voor de twee bergingsvarianten gescheiden en ongescheiden berging en de situatie dat geen ingreep plaatsvindt (autonome ontwikkeling/nulalternatief). Emissie is daarbij beschouwd als ongewenst effect/proces. Er wordt geen uitspraak gedaan over de humane en eco(toxico)logische risico's in relatie tot de berekende emissie.

Op basis van een eenvoudige ketenbenadering blijkt dat de activiteiten en processen die worden ondernomen om de specie uit het zomerbed en de weerdgronden te verwijderen en te bergen in 'gecontroleerde' bergingen in eerste instantie een relatief grote emissie aan verontreinigingen veroorzaken. Nadat het materiaal is geborgen is de emissie relatief gezien gering en is lager dan bij de autonome ontwikkeling. Ook de in de ketenbenadering berekende PAK emissies zijn voor de ongescheiden bergingsvariant iets groter dan voor de gescheiden variant.

Vanuit ketenbenadering wordt dan ook aanbevolen om veel aandacht te schenken aan het beperken van emissie tijdens het 'verwijderen- en bergingsproces'

8.8 Mobiliteit zware metalen

Veelal wordt ervan uitgegaan dat zware metalen in anaërobe baggerspecie als gevolg van sulfidische vastlegging immobiel zijn onder gereduceerde omstandigheden. In recent onderzoek van het RIZA is geconstateerd dat dit voor droge aërobe (terrestrische) uiterwaarden die onder grondwater (anaëroob) wordt geborgen niet per definitief het geval is. In bijlage I-3 is een beschouwing gegeven van de te verwachten concentraties metalen in het poriënwater in de bergingslocaties Lomm en Well-Aijen en wordt aangegeven wat de verwachtingen zijn ten aanzien van emissie en verspreiding van zware metalen naar grondwater.

Op basis van het onderzoek wordt verondersteld dat de concentraties zware metalen in het poriënwater na berging van de droge uiterwaardengrond de streefwaarden zullen overschrijden. Verondersteld wordt dat de kans bestaat dat voor zware metalen de normfluxen op het grensvlak van het depot worden overschreden, maar dat de concentraties zware metalen in grondwater direct buiten het depot snel zullen afnemen als gevolg van vastlegging buiten het depot. Met grote zekerheid kan namelijk worden gesteld dat als gevolg vastlegging buiten het depot (ten gevolge van afwijkende macrochemische samenstelling van de ondergrond buiten de berging: lage DOC concentraties, hoge aanvoer van sulfaat) en verdunning de streefwaarden nergens in het grondwater buiten het depot zullen worden overschreden.

8.9 Nagekomen ontwerpwijzigingen

Tijdens en na uitvoering van de emissie- en verspreidingsberekeningen heeft De Maaswerken het ontwerp van de bergingslocaties Lomm- en Well-Aijen aangepast. De wijzigingen konden niet meer worden meegenomen in de berekeningen. De Maaswerken heeft aangegeven dat het met name wijzigingen in de hoeveelheden betreft. In bijlage II-2 is een tabel opgenomen met gewijzigde hoeveelheden en fysische en chemische bodemsamenstellingswaarden. In de tabel zijn ter vergelijking tevens de samenstellingswaarden weergegeven die in de emissie- en verspreidingsberekeningen zijn gehanteerd op basis van het in paragraaf 2.2.4 genoemde ontwerp. De wijzigingen in de samenstelling van de te bergen grond zijn gering. Het is derhalve niet de verwachting dat de gewijzigde samenstellingswaarden significante gevolgen hebben voor de resultaten en conclusies van de emissie- en verspreidingsberekeningen.

8.10 Aanbevelingen

De berekende emissies in de nulsituatie geven een overschatting van de werkelijke emissies. Het verdient aanbeveling in toekomstige nulsituatieberekeningen meer differentiatie aan te brengen in de te hanteren verontreinigingsgehalten. In onderhavig geval hadden bijvoorbeeld berekeningen voor schone grond uitgevoerd kunnen worden.

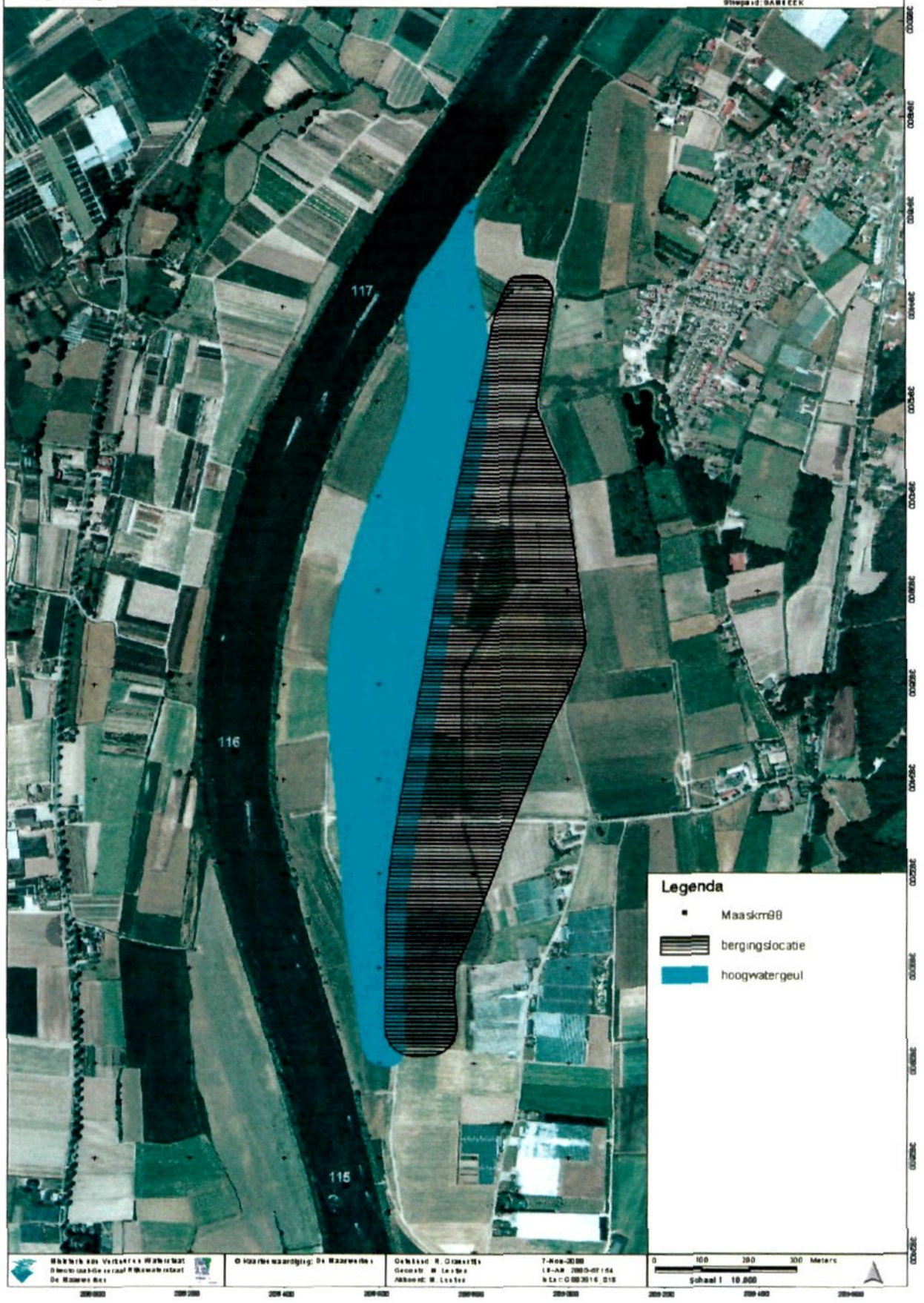
De in onderhavig rapport gepresenteerde verontreinigingsfluxen voor de PAK's naftaleen, antraceen, fenanthreen en fluorantheen zijn gebaseerd op modelberekeningen. Ter verificatie van de modelberekeningen en ten behoeve van nazorg wordt aanbevolen een monitoringsprogramma op te stellen. Het ontwerp van het monitoringsmeetnet kan worden geoptimaliseerd door gebruik te maken van geohydrologische modellering.

Gezien de onzekerheden en leemten in kennis met betrekking tot mobiliteit van zware metalen en dien ten gevolge emissie en verspreiding van zware metalen, wordt aanbevolen ter verificatie en kennisontwikkeling in het monitoringsprogramma eveneens zware metalen mee te nemen. Het is wenselijk tenminste de concentraties metalen en macrochemische processen binnen en buiten de bergingslocaties te monitoren.

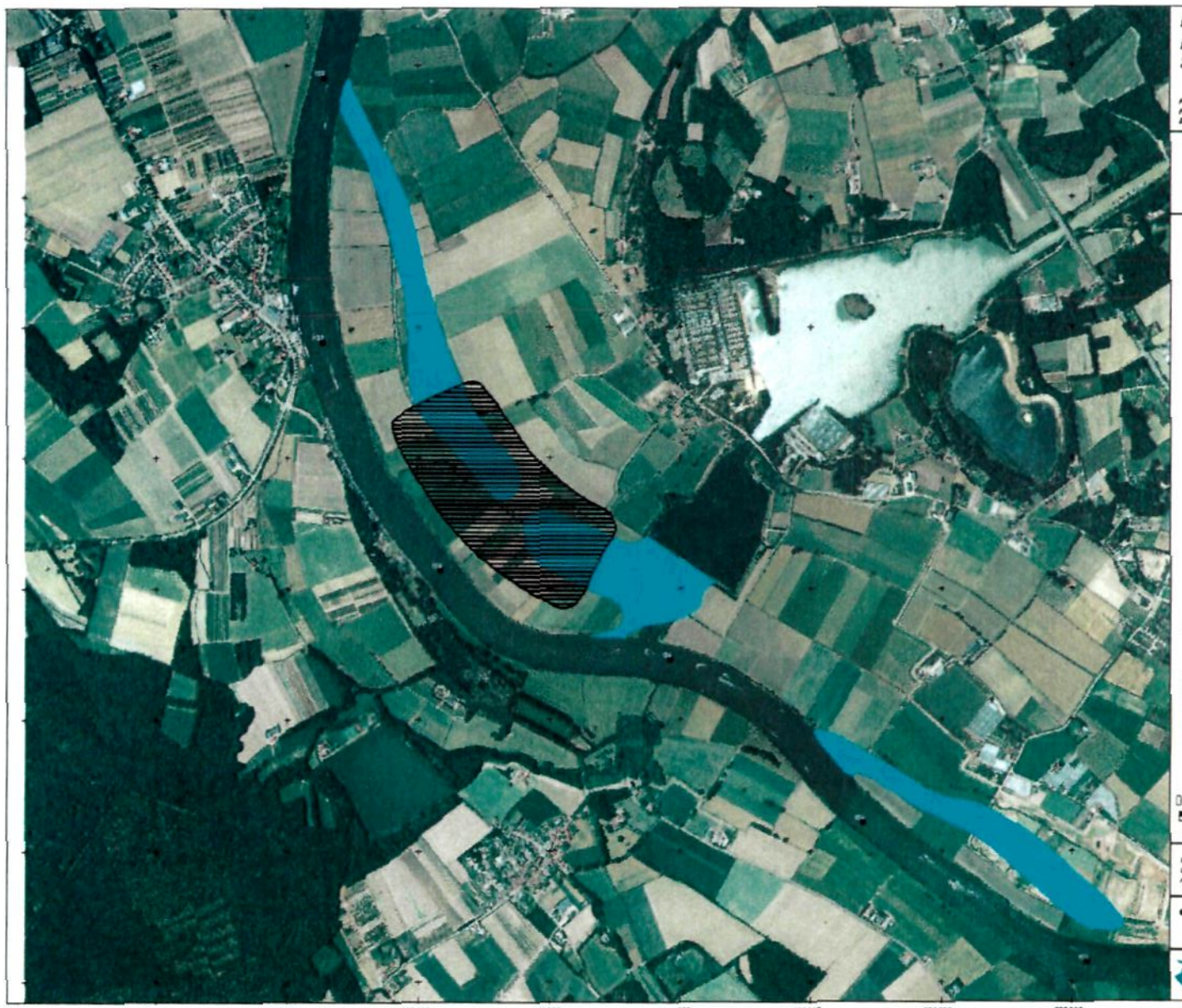
Gezien de relatief gezien grote 'emissies' tijdens de vulfase van de bergingslocaties, verdient het aanbeveling de uitvoeringsprocessen te optimaliseren zodat zo weinig mogelijk emissie hierbij kan optreden.

Bijlage I-1 Lomm

Hoogwatergeul met bergingslocatie Situatie Lomm



Bijlage I-2 Well-Aijen



Hoogwatergeul met bergings-locatie
Situatie Well - Aijen

Legenda

- Maaskmaß
- bergingslocatie
- hoogwatergeul

0 300 600 Meters

Schaal 1 : 20 000

© Kaartbeeld Bridging, De Meetwerkers

Ministerie van Verkeer en Waterstaat
Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat
De Meetwerkers

Bijlage I-3 Veld-Koc waarden Zandmaas

Ministerie van Verkeer en Waterstaat

Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat

Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling/RIZA

Veld-K_{oc} waarden Zandmaas

Bepaling van veld-K_{oc} waarden voor locaties Lomm en Well-Aijen

Documentnr. : WAU.VLW-3-00087

10 november 2000

Auteur:
Dr. Gerard Cornelissen,
RIZA-WSC,
Postbus 17,
8200 AA Lelystad.

Samenvatting

In deze memo wordt een advies gegeven omtrent de voor verspreidingsberekeningen te gebruiken verdelingscoëfficiënten voor de PAK's; naftaleen, antraceen, fenanthreen en fluoranteen. Deze verspreidingsberekeningen zullen worden uitgevoerd voor te storten grond uit de locaties Lomm en Well-Aijen langs de Zandmaas.
De verdelingscoëfficiënten zijn op twee manieren bepaald: 1) via directe analyse van poriënwater en grond, en 2) via Tenax-extracties. De op de eerste wijze verkregen waarden worden voor naftaleen betrouwbaarder geacht, doordat Tenax-geëxtraheerde waarden beneden de detectielimiet lagen. Voor de andere drie stoffen zijn de via Tenax-extractie verkregen verdelingscoëfficiënten ongeveer 10 maal hoger dan de via directe analyse verkregen waarden. Voor deze stoffen wordt geadviseerd gebruik te maken van de laagste waarden voor de verdelingscoëfficiënten, aangezien anders de verspreidingsrisico's mogelijk onderschat worden.
In Tabel 1 zijn de logaritmen van de geadviseerde verdelingscoëfficiënten K_{oc}' gegeven.

Tabel 1: Advies-verdelingscoëfficiënten log K_{oc}'.

locatie	stof	**log Koc'**
Lomm	naftaleen	**5.1 ± 0.2**
	fenanthreen	**4.6 ± 0.2**
	antraceen	**4.8 ± 0.3**
	fluoranteen	**4.7 ± 0.3**
Well-Aijen	naftaleen	**5.0 ± 0.2**
	fenanthreen	**4.6 ± 0.3**
	antraceen	**4.7 ± 0.3**
	fluoranteen	**4.8 ± 0.2**