

Geraadpleegde literatuur

- CSO, (1996). Onderzoek naar de verandering van de fysische en chemische eigenschappen van in-situ en ex-situ baggerspecie (in opdracht van Rijkswaterstaat, Maaswerken)
- Cultuurtechnische Vereniging Utrecht (1988), Cultuurtechnisch Vademecum. Cultuurtechnische Vereniging Utrecht
- De Straat (1997). Afbraak van organisch stof tijdens rijping van baggerspecie in een depot.
- ECN (1997) Speciatie van metalen in verontreinigde en gereinigde grond en baggerspecie. Uitloogprocessen en factoren die daarop van invloed zijn.
- Gemeentelijk havenbedrijf Rotterdam (1995). Zand uit baggerspecie. Tweede gebruikssessie sedimentatiebekkens.
- Gemeentelijk havenbedrijf Rotterdam (1997). Zand uit baggerspecie; toepassing sedimentatiebekkens binnen het depot Slufter. Derde t/m vijfde vulling (1994 - 1996).
- Gemeenschappelijk Orgaan Baggerspecie Zuid-Holland (GOBZH), (1998). Baggerspecie in doorgangsdepots, Monitoring van rijpingssnelheid, uitloging en afbraak van organische verontreinigingen in drie typen specie. Grontmij Zuid-Holland en IWACO West.
- Fugro (1996). Toepassing grond uit baggerspecie; een voorlopige handreiking (versie 0). In opdracht van Rijkswaterstaat, DWW.
- Harmsen, J., P.N. Duijn, A.J. Pleijte (1997b). Ontwatering, rijping en landfarming van baggerspecie in een doorgangsdepot. TNO rapport: TNO-MEP-R97/053. TNO Apeldoorn.
- IPO (1995). Instrumentarium voor de handhaving van werken met secundaire bouwstoffen.
- IPO (1997). Werken met Secundaire Grondstoffen.
- IPO (1998). Handrijking Achtergrondgehalten, Begeleidingscommissie Actief Bodembeheer.
- Iwaco/ECN (1997) Beoordeling van het effect van grondreiniging op de uitloogbaarheid van grond.
- Iwaco (1997) Uitloogonderzoek aan verontreinigde en gereinigde grond en baggerspecie en ontwikkeling van verkorte procedures ter bepaling van de uitloging.
- Leus, F. (eindred.) (1994). Natuurontwikkeling met klasse 2 specie. Case study IJsselmeer. Concept. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Rijksinstituut voor

Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling & Directie Flevoland,
Lelystad. 110p.

Lijzen, J.P.A., D.R.B. ter Meulen & W. de Vries (1997). Opzet voor een Leidraad
Bodembeoordeling bij natuurontwikkeling. Rapportnr. 711501003. Staring
Centrum, Instituut voor Onderzoek van het Landelijk Gebied SC-DLO &
Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu RIVM. Wageningen, Bilthoven.

Ministerie van V&W (1997). Ontwerp Beleidsnotitie Actief Bodembeheer
Rivierbed (1997). Staatscourant 86, 7 mei.

Ministerie van VROM en V&W (1995). Bouwstoffenbesluit Bodem- en
Opervlaktewaterbescherming. Staatsblad

Ministerie van VROM (1999). Concept Vrijstellingsregeling grondverzet
(conceptversie 16 december 1998).

Ministerie van VROM (1999). Richtlijn opstellen en toepassen
Bodemkwaliteitskaarten in het kader van de Vrijstellingsregeling grondverzet
(concept mei 1999).

Ministerie van VROM (1999). Concept Vrijstellingsregeling Samenstellings- en
emissiewaarden Bouwstoffenbesluit (conceptversie 20 mei 1999).

Pons, L.J., I.S. Zonneveld (1965). Soil ripening and soil classification. ILRI publ.
no. 13, Wageningen.

RIZA (1995). POSW fase II, deel 7: Haalbaarheidsstudie grootschalige verwerking
van baggerspecie: verkenning en voorbereiding (RIZA rapport 95.016)

RIZA (1997a). POSW fase II, deel 13: Haalbaarheidsstudie grootschalige
verwerking van baggerspecie. (RIZA rapport 97.018)

RIZA (1997b). POSW fase II, deel 32: Intensieve landfarming van verontreinigde
baggerspecie: ontwatering en afbraak. (RIZA rapport 97.071)

RIZA (1997c). POSW fase II, deel 33: Mogelijkheden van extensieve landfarming
voor biologische reiniging van baggerspecie. (RIZA rapport 97.072)

RIZA (1997d). POSW fase II, deel 34: Biologische technieken voor reiniging van
baggerspecie, Eindrapport. (RIZA rapport 97.083)

RIZA (1997e). POSW fase II, deel 28: Hoofdrapport Pilotsanering
Petroleumhaven Amsterdam, Monitoring en evaluatie. (RIZA rapport 97.067)

RWS, Dienst Weg- en waterbouwkunde (1994). Hergebruik van baggerspecie,
zandwinning met behulp van scheidingstechnieken. (DWW-94-503). Opgesteld
door Ingenieursbureau Van 't Hoff.

RWS, Dienst Weg- en waterbouwkunde (1996). Zand uit baggerspecie. Deel 8.
Evaluatie verbetering Midden-Regge en Bornsebeek (DWW-96-013). Opgesteld
door Ingenieursbureau Van 't Hoff).

RWS, Dienst Weg- en waterbouwkunde (1996). Klei uit baggerspecie. Deel 2. Chemische aspecten bij rijpen en nuttig toepassen van verontreinigde baggerspecie (DWW-96-043).

RWS, Dienst Weg- en waterbouwkunde (1996). Klei uit baggerspecie. Deel 4. Marktverkenning van gerijpte klei: basis toekomstige marktstrategie (DWW-96-123).

RWS, Dienst Weg- en waterbouwkunde (1997). Klei uit baggerspecie. Deel 6. (On)mogelijkheden hergebruik van gerijpte baggerspecie onder het Bouwstoffenbesluit (DWW-97-081).

RWS, Dienst Weg- en waterbouwkunde (1997). Directe toepassing van baggerspecie, deel 2. Raamwerk monitoringsplan toepassen van baggerspecie. (DWW-97-082).

RWS, Dienst Weg- en waterbouwkunde (1999). Grond uit baggerspecie. Analyse van eisen in relatie tot toepassingen.

TAW (1996). Technisch Rapport; klei voor dijken.

TAW (1998). Technisch Rapport; Erosiebestendigheid van grasland als dijkbekleding.

TNO, 1997. Ontwatering, rijping en landfarming van baggerspecie in een doorgangsdepot.

Tauw (1997). Ontwikkeling van een laboratoriummethode voor het simuleren van situ-rijping van verontreinigde baggerspecie, fase 2: testontwikkeling. In opdracht van RWS, Dienst Weg- en waterbouwkunde.

Tauw (1997). Evaluatie procesmatige beschrijving sedimentatiebekken Midden Regge. In opdracht van RWS, Dienst Weg- en Waterbouwkunde.

Tauw (1997). Sedimentatiebekkens: Actualisatie kennisinventarisatie en praktijkbeschrijving. In opdracht van RWS, Dienst Weg- en Waterbouwkunde.

Tauw (1998). Monitoringsprotocol voor de rijping van baggerspecie in depots. Tauw rapportnr R3668185.DO2 Opgesteld in opdracht van PHB/AKWA)

Deel 3. Standaard Intake-criteria

Toetsingslijst 1: Intakecriteria zandige specie (mg/kg)

I : Indeling in specie-type (tabel 2.1)

II : Selecteer verwerkingsmogelijkheid

II a: Bereken organisch stofgehalte na bewerken

II b : Bereken gestandaardiseerd gehalte

II c : Toets gestandaardiseerd gehalte aan intake-criteria

Zandige specie

Verspreiden

0.9 - 1 x gemeten o.s.

Table with 2 columns: Element, Value

Table with 2 columns: Element, Value

Table with 2 columns: Element, Value

Table with 2 columns: Element, Value

Verspreiden

V

Table with 3 columns: Parameter, range, gemiddeld

Nat toepassen

0.9 - 1 x gemeten o.s.

Table with 3 columns: Element, pH > 5, pH < 5

Table with 2 columns: Element, Value

Table with 2 columns: Element, Value

Table with 2 columns: Element, Value

Nat Toepassen als

NT0 NT1

Direct droog toepassen

0.9 - 1 x gemeten o.s.

Table with 3 columns: Element, pH > 5, pH < 5

Table with 2 columns: Element, Value

Table with 2 columns: Element, Value

Table with 2 columns: Element, Value

Droog Toepassen

DT0 DT1

Table with 3 columns: Element, pH > 5, pH < 5

Table with 6 columns: min, max, min, max, min, max

Table with 2 columns: Element, Value

Table with 2 columns: Element, Value

Droog Toepassen als

DT1-1 DT1-2 DT1-4

Fractiescheiden

0.5 - 1 x gemeten o.s.

Table with 3 columns: Element, pH > 5, pH < 5

Table with 6 columns: min, max, min, max, min, max

Table with 2 columns: Element, Value

Table with 2 columns: Element, Value

Toepassen als

F

III : Selecteer toepassingsgebied

Table with 3 columns: code, prioriteit

ja
nee
(ja)

Voorkeursverwerking
verwerking/toepassing niet mogelijk
minder gewenste toepassingsgebieden voor zandige baggerspecie. bij (verdere) verwerking is hoogwaardiger toepassing mogelijk

(pagina 22)

(pagina 25)

(tabel 3.1)

(gebruik hierbij organisch stofgehalte uit II a !)

(Criteria zijn opgegeven voor standaard bodem met 10% organisch stof en 25% lutum)

pH > 8	pH > 8	pH > 8
65	65	65
12	12	12
380	380	380
190	190	190
10	10	10
530	530	530
210	210	210
720	720	720

	min	max	min	max	min	max
714 -	1000		1000 -	1667	1667 -	5000
-			-		-	
7 -	8		10 -	13	25 -	50
14 -	17		20 -	25	50 -	100
29 -	33		40 -	50	100 -	200
50 -	58		70 -	88	175 -	250
44 -	57		50 -	67	200 -	400
11 -	14		13 -	17	50 -	100
44 -	57		50 -	67	200 -	400
-			-		-	
10 -	14		10 -	16.6	10 -	16.6
40 -	57		40 -	67	40 -	67
-			-		-	
44 -	57		57 -	80	200 -	400

	-		
	-		
	5	5	5
	-		
	-		
0.50	0.50	0.50	0.50
0.50	0.50	0.50	0.50
0.50	0.50	0.50	0.50
0.50	0.50	0.50	0.50
	.		
	.		
	.		
	.		
	.		
	.		
	.		
	.		
0.50	0.50	0.50	0.50
20	20	20	20

800	1200	>>
1623	1623	1623
1082	1082	1082
2786	2786	2786
1957	1957	1957

(pagina 29)

Toepassen als Categorie 1	
o.b.v. zand	
en lutum	o.s. eisen
ja	5
misschien	
ja	3
ja	5
nee	
nee	
nee	
ja	
ja	7
nee	15 a 30
ik	>>

Voorkeursverwerking
verwerking/toepassing niet mogelijk
minder gewenste toepassingsgebieden; bij (verdere) verwerking is hoogwaardiger toepassing mogelijk

Bij direct droog toepassen is sprake van ontwatering/tipping op de hergebruikslocatie

Toetsingslijst 3: Intakecriteria voor siltige specie (mg/kg)

I : Indeling in specie-type (tabel 2.1)

(pagina 22)

Siltige specie :

	range	gemiddeld
Lutum	<25	10
Zand	< 50	40
org stof	< 20	9

II : Selecteer verwerkingsmogelijkheid

(pagina 25)

II a: Bereken organisch stofgehalte na bewerken

(tabel 3.1)

II b : Bereken gestandaardiseerd gehalte

(gebruik hierbij organisch stofgehalte uit II a I)

II c : Toets gestandaardiseerd gehalte aan intake-criteria

(Criteria zijn opgegeven voor standaard bodem met 10% organisch stof en 25% lutum)

Zware metalen
As
Cd
Cr
Cu
Hg
Pb
Ni
Zn

55	29
7.5	4.0
380	120
90	63
1.6	1.2
530	110
45	45
720	265

	pH > 5	pH < 5
29	55	38
0.80	12	1.18
100	380	380
36	190	105
0.30	10	0.33
85	530	205
35	210	60
140	720	265

	pH > 5	pH < 5
29	55	38
0.8	12	1.18
100	380	380
36	190	105
0.3	10	0.33
85	530	205
35	210	60
140	720	265

pH > 5	pH > 5	pH < 5
55	55	55
12	12	12
380	380	380
190	190	190
10	10	10
530	530	530
210	210	210
720	720	720

Organische verbindingen

Minerale olie
PAK
nafaleen
anthracen
fenantreen
fluorantreen
benzo(a)anthracen
chryseen
benzo(b)fluorantreen
benzo(b)fluorantreen
benzo(a)pyreen
benzo(g)hoperen
indeno(1,2,3-cd)pyreen
som PAK's (10)

3000	1250
-	0.80
-	0.80
-	2.00
-	0.80
-	0.80
-	0.80
-	0.80
-	0.80
-	0.80
-	0.80
-	0.80
10	-

50	500
-	5
-	10
-	20
-	35
-	40
-	10
-	40
-	-
-	10
-	40
-	40
1.0	40

50	500
-	5
-	10
-	20
-	35
-	40
-	10
-	40
-	-
-	10
-	40
-	40
1.0	40

min	max	min	max	min	max
714	1000	1000	1667	1667	5000
7	8	10	13	25	50
14	17	20	25	50	100
29	33	40	50	100	200
50	58	70	88	175	350
44	57	50	67	200	400
11	14	13	17	50	100
44	57	50	67	200	400
10	14	10	17	10	100
40	57	40	67	40	400
44	57	57	80	200	400

OCB's en PCB's

COX
Chloorbenzenen
HCB
som chloorbenzenen
Organochloor-beest. midd.
Aldrin-deltin
Endrin
som DDT's
som DDT/DDD/DDE
Y-HCH (lindaan)
som HCH-verbindingen
som OCB's
PCB's
PCB-28
PCB-52
PCB-101
PCB-118
PCB-138
PCB-153
PCB-180
som PCB (6)
som PCB's (7)
Cyanide

0.02	0.02
-	-
0.04	-
0.04	-
-	-
0.02	0.02
0.02	0.02
-	-
0.10	-
0.03	0.03
0.03	0.03
0.03	0.03
0.03	0.03
0.03	0.03
0.03	0.03
0.03	0.03
0.20	-
-	-

0.10	-
-	-
0.0025	-
-	5
-	-
0.0010	-
-	0.50
0.0025	0.50
0.0001	-
-	0.50
-	0.50
0.001	-
0.001	-
0.004	-
0.004	-
0.004	-
0.004	-
0.004	-
0.004	-
0.004	-
0.02	-
-	0.50
5	20.00

0.10	-
-	-
0.0025	-
-	5
-	-
0.0010	-
-	0.50
0.0025	0.50
0.0001	-
-	0.50
-	0.50
0.001	-
0.001	-
0.004	-
0.004	-
0.004	-
0.004	-
0.004	-
0.004	-
0.004	-
0.02	-
-	0.50
5	20.00

-	-	-
-	-	-
5	5	5
-	-	-
-	-	-
0.50	0.50	0.50
0.50	0.50	0.50
-	-	-
0.50	0.50	0.50
0.50	0.50	0.50
-	-	-
-	-	-
-	-	-
-	-	-
-	-	-
0.50	0.50	0.50
20	20	20

Zouten

zout milieu
chloride
sulfaat
sulfide
zout/brak milieu
chloride
sulfaat
sulfide

-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-

200	1147
-	1971
-	1314
-	-
-	-
-	2786
-	1857

200	599
-	1623
-	1082
-	-
-	-
-	-
-	2786
-	1857

800	1200	>>
1623	1623	1623
1082	1082	1082
-	-	-
-	-	-
2786	2786	2786
1857	1857	1857

III : Selecteer toepassingsgebied

(pagina 29)

	code	prioriteit
Nat		
ophoging en aanvulling met zand in water	CO/CA1	1
als isolatielaag, voor depots, kleischermen e.d.	I	2
aanvullen of dempen van havens en putten, landschaping etc.	O	5
Droog		
Industriezand	IZ	1
belastingsspreidende laag, zandbed onder wegen	CB	1
constructieve ophoging en aanvulling met zand	CO/CA1	2
als erosiebestendige deklaag op dijken	AD2	2
als vegetatielaag of toplaag	VG	2
als isolatielaag, tegengaan van watertransport of uitloging etc.	I	2
overige constructieve ophoging en aanvulling	CO/CA2	3
niet-constructieve ophoging en aanvulling	NO/NA	4
als deklaag op wegbermen, stortplaatsen etc.	AD1	4
aanvullen, landschaping etc.	O	5

Verspreiden

Nat toepassen als Categorie 0	Nat toepassen als Categorie 1
o.b.v. zand en lutum	o.b.v. zand en lutum
o.s. eisen	o.s. eisen
nee	nee
misschien	misschien
(ja)	(ja)
>>	>>
>>	>>

Droog toepassen als Categorie 0	Droog toepassen als Categorie 1
o.b.v. zand en lutum	o.b.v. zand en lutum
o.s. eisen	o.s. eisen
nee	nee
nee	nee
nee	nee
ja	ja
5	5
3	3
ja	ja
3	3
ja	ja
5	5
ja	ja
7	7
ja	ja
15 a 30	15 a 30
(ja)	(ja)
>>	>>

	Droog toepassen als Categorie 1					
zand en lutum	organisch stof eisen					
	min	max	min	max	min	max
nee						
nee						
nee						
ja	5	10	5.9	10	8.3	12.5
ja	3	6	3.5	6	5.0	7.5
ja	3	6	3.5	6	5.0	7.5
ja	5	10	5.9	10	8.3	12.5
ja	7	14	8.2	14	11.7	17.5
ja	15 a 50	15 a 50	15 a 50	15 a 50	50 a 75	50 a 75
ja	>>	>>	>>	>>	>>	>>

V

NT0

NT1

DT0

DT1

DT1-1

DT1-2

DT1-4

S

ja

nee

(ja)

Voorkeursverwerking

verwerking/toepassing niet mogelijk

minder gewenste toepassingsgebieden, bij (verdere) verwerking is hoogwaardiger toepassing mogelijk

Bij direct droog toepassen is sprake van ontwateringstijping op de hergebruiklocatie

storten

slechte

baggerspecie

(pagina 22

	range	gemiddeld
Lutum	> 25	30
Zand	< 50	25
org stof	< 25	12

(pagina 25)

(tabel 3.1)

(gebruik hierbij organisch stofgehalte uit II a i)

(Criteria zijn opgegeven voor standaard bodem met 10% organisch stof en 25% lutum)

pH > 5	pH > 5	pH > 5
55	55	55
12	12	12
380	380	380
190	190	190
10	10	10
530	530	530
210	210	210
720	720	720

	min	max	min	max	min	max
	500		555.55	714	625	800
5		5	5.56		5	6
10		10	11.11		10	12
20		20	22.22		20	
35		35	38.88		35	43
40		40	44.44		40	
10		10	11.11		10	12
40		40	44.44		40	
10		10	11.11		10	12
40		40	44.44		40	
40		40	44.44		40	

	-	-	-
	-	-	-
	-	-	-
	5	5	5
	-	-	-
	-	-	-
	-	-	-
	0.50	0.50	0.50
	0.50	0.50	0.50
	-	-	-
	0.50	0.50	0.50
	0.50	0.50	0.50
	-	-	-
	-	-	-
	-	-	-
	-	-	-
	-	-	-
	-	-	-
	-	-	-
	-	-	-
	0.50	0.50	0.50
	20	20	20

	666	799	1198
	1623	1623	1623
	1082	1082	1082
	-	-	-
	2786	2786	2786
	1957	1957	1957

code	prioriteit
------	------------

	Droog toepassen als Categorie 1					
zand en kulkun	min	max	min	max	min	max
noe noe noe noe mieschlen noe	5		5	- 5,5	5,5	- 6,3
mieschlen ja ja meschlen ja	3 5 7		3 5 7	- 3,3 - 5,5 - 7,8	3,3 5,5 7,8	- 3,8 - 6,3 - 8,8
meschlen ja	15 & 30 >>			< 15 & 33 >>	< 33 & 38 >>	

S

Voorkeursverwerking
verwerking/toepassing niet mogelijk
minder gewenste toepassingsgebieden, bij (verdere) verwerking is hoogwaardiger toepassing mogelijk

Bij direct droog toepassen is sprake van ontwatering/ripping op de hergebruikslocatie

Toetsingslijst 5: Intakecriteria voor venige specie (mg/kg)

I : Indeling in specie-type (tabel 2.1)
(pagina 22)

Venige specie :

	range	gemiddeld
Lutum	-	25
Zand	-	10
org stof	> 25	45

II : Selecteer verwerkingsmogelijkheid
(pagina 25)

II a: Bereken organisch stofgehalte na bewerken
(tabel 3.1)

II b : Bereken gestandaardiseerd gehalte
(gebruik hierbij organisch stofgehalte uit II a 1)

II c : Toets gestandaardiseerd gehalte aan intake-criteria
(Criteria zijn opgegeven voor standaard bodem met 10% organisch stof en 25% lutum)

Zware metalen	
As	55
Cd	7.5
Cr	380
Cu	90
Hg	1.6
Pb	530
Ni	45
Zn	720

55	29
7.5	4.0
380	120
90	60
1.6	1.2
530	110
45	45
720	365

	pH > 5	pH < 5
29	55	38
0.80	12	1.18
100	380	380
36	190	105
0.30	10	0.33
85	530	205
35	210	60
140	720	265

	pH > 5	pH < 5
29	55	38
0.8	12	1.18
100	380	380
36	190	105
0.3	10	0.33
85	530	205
35	210	60
140	720	265

	pH > 5	pH < 5	pH > 5
55	55	55	55
12.00	12	12	12
380	380	380	380
190	190	190	190
10.00	10	10	10
530	530	530	530
210	210	210	210
720	720	720	720

Organische verbindingen

Minerale olie	
PAK	
niftaleen	-
anthracen	-
fenanthreen	-
fluorantheen	-
benz(a)anthracen	-
chryseen	-
benzo(k)fluorantheen	-
benzo(b)fluorantheen	-
benzo(a)pyreen	-
benzo(g)hopenyreen	-
indeno(1,2,3-cd)pyreen	-
som PAK's (10)	10

3000	1250
-	0.80
-	0.80
-	2.00
-	0.80
-	0.80
-	0.80
-	0.80
-	0.80
-	0.80
-	0.80
-	0.80
-	0.80
10	

	50	500
-	-	5
-	-	10
-	-	20
-	-	35
-	-	40
-	-	10
-	-	40
-	-	10
-	-	40
-	-	10
-	-	40
1.0		40

	50	500
-	-	5
-	-	10
-	-	20
-	-	35
-	-	40
-	-	10
-	-	40
-	-	10
-	-	40
-	-	10
-	-	40
1.0		40

	min = max	min = max	min	max
500	500	500	500	714
5	5	5	5	
10	10	10	10	
20	20	20	20	
35	35	35	35	
40	40	40	40	
10	10	10	10	
40	40	40	40	
10	10	10	10	
40	40	40	40	
40	40	40	40	

OCB's en PCB's

EOX	
Chloorbenzenen	
HCB	0.02
som chloorbenzenen	0.02
Organochl.-bestr. midd.	
Aldrin+dieldrin	0.04
Endrin	0.04
som Dins	-
som DDT/DDD/DDE	0.02
Y-HCH (lindaan)	0.02
som HCH-verbindingen	-
som OCB's	0.10
PCB's	
PCB-28	0.03
PCB-52	0.03
PCB-101	0.03
PCB-118	0.03
PCB-138	0.03
PCB-153	0.03
PCB-180	0.03
som PCB (6)	-
som PCB's (7)	0.20
Cyanide	-

0.02	0.02
-	-
0.04	-
0.04	-
-	-
0.02	0.02
0.02	0.02
0.02	0.02
0.10	-
0.03	0.03
0.03	0.03
0.03	0.03
0.03	0.03
0.03	0.03
0.03	0.03
-	-
0.20	-
-	-

	0.10	-
0.0025	-	-
-	5	-
-	-	-
0.0010	-	-
-	0.50	-
0.0025	0.50	-
0.0001	-	-
-	0.50	-
-	0.50	-
0.001	-	-
0.001	-	-
0.004	-	-
0.004	-	-
0.004	-	-
0.004	-	-
0.004	-	-
0.02	-	-
-	0.50	-
5	20.00	-

	0.10	-
0.0025	-	-
-	5	-
-	-	-
0.0010	-	-
-	0.50	-
0.0025	0.50	-
0.0001	-	-
-	0.50	-
-	0.50	-
0.001	-	-
0.001	-	-
0.004	-	-
0.004	-	-
0.004	-	-
0.004	-	-
0.004	-	-
0.02	-	-
-	0.50	-
5	20.00	-

	-	-	-
-	-	-	-
5	5	5	5
-	-	-	-
-	-	-	-
0.5	0.50	0.50	0.50
0.5	0.50	0.50	0.50
-	-	-	-
0.5	0.50	0.50	0.50
0.5	0.50	0.50	0.50
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
0.5	0.50	0.50	0.50
20	20	20	20

Zouten

zoet milieu	
chloride	-
sulfat	-
sulfide	-
zout/trak milieu	
chloride	-
sulfat	-
sulfide	-

-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-

200	1147
-	1971
-	1314
-	-
-	2786
-	1857

200	599
-	1623
-	1082
-	-
-	2786
-	1857

666	749	856
1623	1623	1623
1082	1082	1082
-	-	-
2786	2786	2786
1857	1857	1857

III : Selecteer toepassingsgebied

	code	prioriteit
Nat		
isolatie op stortplaatsen, kleinschermen e.d.	I	2
aanvullen of dempen van havens en putten, landschapsg etc	O	5
Droog		
afdeklaag op wegbermen, stortplaatsen e.d.	AD1	4
aanvullen, landschapsg etc	O	5

Verspreiden

Nat toepassen als Categorie 0	Nat toepassen als Categorie 1
zand en lutum	zand en lutum
o.s. eisen	o.s. eisen
nee	nee
ja	ja
>>	>>

Droog toepassen als Categorie 0	Droog toepassen als Categorie 1
zand en lutum	zand en lutum
o.s. eisen	o.s. eisen
ja	ja
15 a 30	15 a 30
ja	ja
>>	>>

Droog toepassen als Categorie 1			
zand en lutum	organisch stof eisen		
ja	15 a 30	15 a 30	17 a 33
ja	>>	>>	>>

ja
nee
(ja)

Voorkeursverwerking
verwerking/toepassing niet mogelijk
minder gewenste toepassingsgebieden, bij (verdere) verwerking is hoogwaardiger toepassing mogelijk

Bij direct droog toepassen is sprake van ontwatering/tipping op de hergebrukslocatie

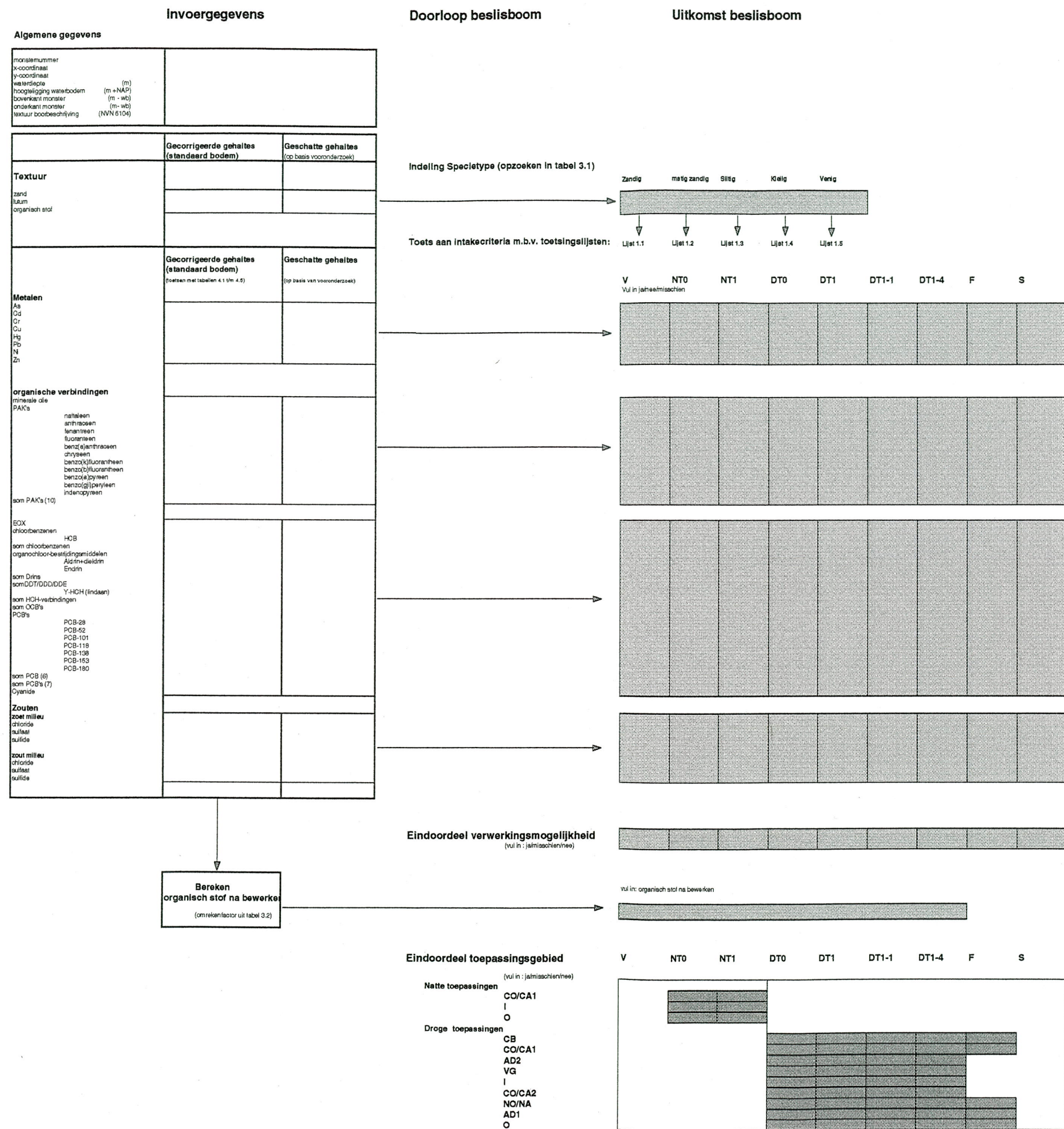
storten

storten

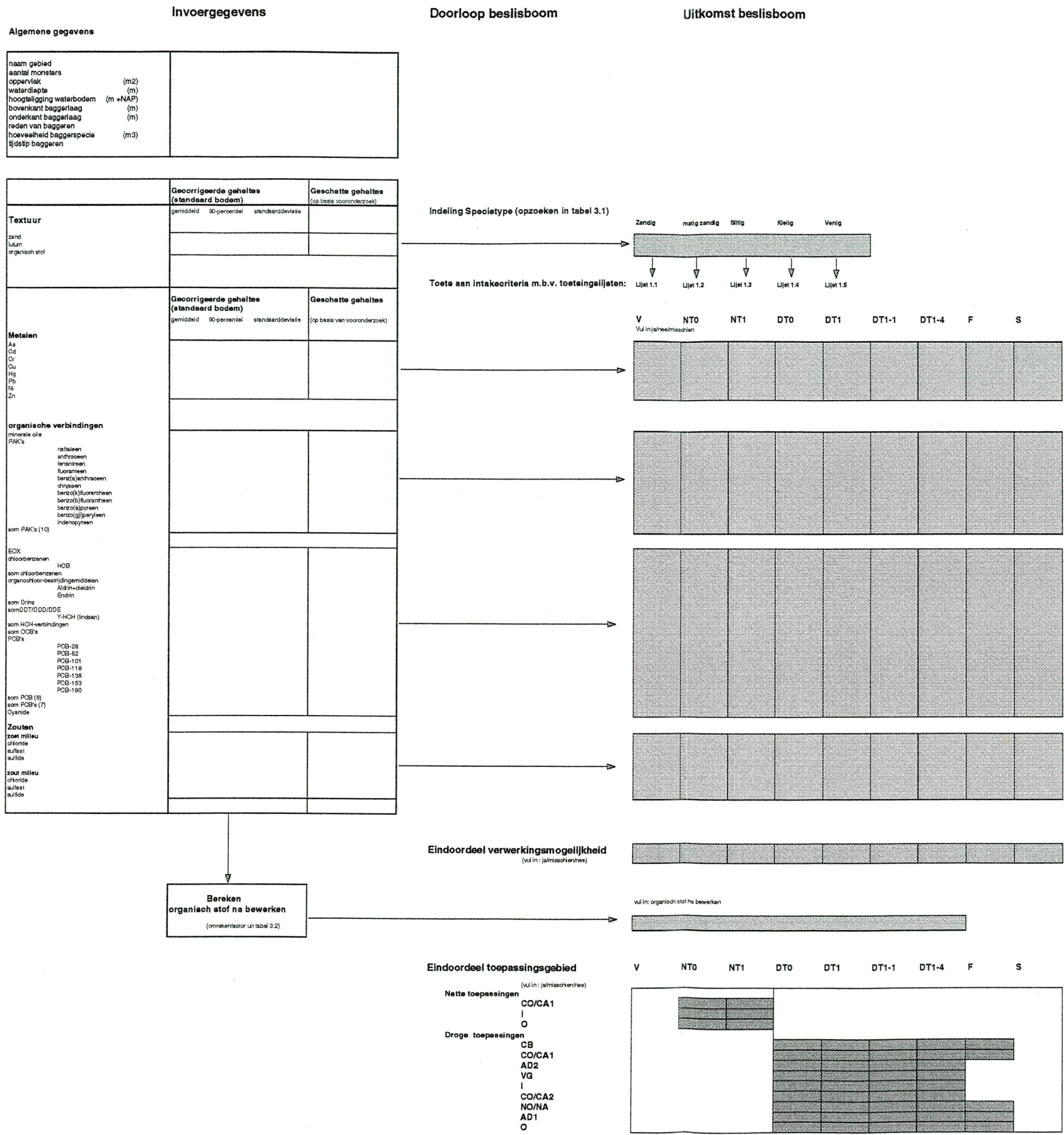
S

Deel 4. Invultabellen

Invultabel 1.1 : Doorlopen beslisboom op analyseniveau, methode 1



Invultabel 2.1 : Doorlopen beslisboom op gebiedsniveau, methode 1



**Handreiking voor
Verwerkings- en hergebruiksplannen**

bijlagen

**Bijlage 1. Toelichting op methodiek
berekening intakecriteria**

Berekeningsmethodiek

Bij stap 3 van de beslisboom wordt de "toetsingsmodule" doorlopen, waarbij gemeten gehalten worden vergeleken met intakecriteria. Op basis hiervan wordt een verwerkingsoptie- en toepassingsgebied geselecteerd. De uitkomst van de toetsingsmodule is in eerste instantie een "stippenkaart", waar op monsterniveau de mogelijke bestemmingen van vrijkomende specie worden weergegeven. Deze stippenkaart kan worden gegeneraliseerd naar een "vlakkenkaart" met homogene gebieden of baggervakken.

De toetsingsmodule van de beslisboom bestaat uit twee delen, namelijk de milieuhygiënische toetsing (selectie verwerkingsoptie) en de toetsing aan fysische parameters voor hergebruik (selectie toepassingsgebied).

In eerste instantie worden de omrekenfactoren voor stoffen opgesteld (op basis van specie-type en verwerkingsvariant). Vervolgens worden met deze omrekenfactoren de (wettelijke) normen voor verspreiden/hergebruik omgerekend naar intake-criteria. Omdat de omrekenfactoren afhankelijk zijn van de textuur van de baggerspecie, worden hierbij 5 specie-typen onderscheiden (zandig, matig zandig, siltig, kleiig en venig). Aangezien de wettelijke normen gelden voor een standaard (water)bodem met 10% organisch stof en 25% lutum, hebben ook de aldus berekende intakecriteria betrekking op een standaard bodem

$$\text{Intakecriterium}_{\text{standaard bodem}} = \text{wettelijke norm}_{\text{standaard bodem}} / \text{omrekenfactor}$$

Voor het gebruik van de beslisboom kunnen twee methoden worden onderscheiden:

- 1) Gebruik van "**Standaard Intakecriteria**". In dit geval worden de intakecriteria omgerekend met de **gemeten** lutum- en organisch stofgehaltenes. Feitelijk wordt dus per monster een nieuwe intakewaarde berekend (of de gemeten gehaltenes worden omgerekend naar een standaard bodem, zoals in Waboos wordt gedaan).
- 2) Gebruik van de "**Intakecriteria per specie-type**". In dit geval worden bij de omrekening gemiddelde lutum- en organisch stofgehaltenes gebruikt per baggerspecietype. Deze Intake-criteria zijn opgesteld voor 8 specie-typen. Deze methode is geschikt voor handmatig gebruik, aangezien gemeten gehaltenes direct langs de toetsingslijst (lijsten 2.1 t/m 2.8) gelegd kunnen worden.

In tabel 1 is een rekenkundig voorbeeld gegeven voor minerale olie. Hierbij zijn 9 stappen onderscheiden. Stap 1 is een weergave van de (wettelijke) normen. In plaats hiervan kunnen ook gebiedsgerichte- of functiegerichte normen worden gebruikt. Stap 2 heeft betrekking op de gegevensverzameling. Op basis hiervan wordt in stap 3 het "specie-type" bepaald. In de stappen 4 t/m 6 worden het "intakecriterium_{standaard bodem}" berekend. In stap 7 wordt het "intakecriteria per specietype" berekend (in dit geval voor zandige, matig humeuze specie). In stap 8 wordt het "standaard intakecriterium" berekend met behulp van het gemeten lutum en organisch stof.

In stap 9 vindt de daadwerkelijke toetsing plaats. In het voorbeeld komt tevens naar voren dat de twee methoden een verschillende uitkomst kunnen geven, doordat bij de omrekening verschillende organisch stofgehaltes worden gebruikt. Door het gebruik van gemeten organisch stofgehaltes is methode "b" nauwkeuriger.

Voorbeeld berekening intakecriteria olie bij verspreiden/hergebruik baggerspecie ⁷		
1) Standaard normen (ENW/Bsb)		
verspreiden	= 1000 mg/kg	
nat/droog toepassen	= 500 mg/kg	
2) Analysegegevens baggerspecie		
gemeten organisch stofgehalte	= 6 %	
gemeten lutum	= 5 %	
gemeten zandgehalte	= > 50 %	
gemeten oliegehalte	= 650 mg/kg	
3) Indeling in baggerspecie type (zie tabel 2.2):		
= zandige matig humeuze baggerspecie		
==> gemiddeld organisch stof	= 4%	
==> gemiddeld lutumgehalte	= 3%	
4) Omrekenfactoren <i>organisch stof</i> voor betreffende specie-type		
verspreiden	= 1	
nat toepassen	= 1	
droog toepassen na 1 jaar rijpen	= 1 tot 0.90	
droog toepassen na 2 jaar rijpen	= 0.95 tot 0.80	
5) Omrekenfactoren <i>olie</i> voor betreffende specie-type		
verspreiden	= 1 tot 0.9	
nat toepassen	= 1 tot 0.9	
droog toepassen na 1 jaar rijpen	= 0.60 tot 0.40	
droog toepassen na 2 jaar rijpen	= 0.30 tot 0.20	
6) Berekening intakecriterium <small>standaard bodem</small> voor olie		
verspreiden	= 1000 / (1)	= 1000 mg/kg
	1000 / (0.9)	= 1111 mg/kg
nat toepassen	= 500 / (1)	= 500 mg/kg
	500 / (0.9)	= 556 mg/kg
droog toepassen na 1 jaar rijpen	= 500 / (0.6)	= 833 mg/kg
	500 / (0.4)	= 1250 mg/kg
droog toepassen na 2 jaar rijpen	= 500 / (0.3)	= 1667 mg/kg
	500 / (0.2)	= 2500 mg/kg

⁷ Er is in het voorbeeld gebruik gemaakt van "fictieve" omrekenfactoren voor afbraak van org stof en olie.

Methode 1) Standaard Intakecriteria**7a) Berekening org. stofgehalte van de geanalyseerde baggerspecie na verwerking**

verspreiden	= 6.0 * (1)	= 6.0 %
nat toepassen	= 6.0 * (1)	= 6.0 %
droog toepassen na 1 jaar rijpen	= 6.0 * (1)	= 6.0 %
	6.0 * (0.9)	= 5.4 %
droog toepassen na 2 jaar rijpen	= 6.0 * (0.95)	= 5.7 %
	6.0 * (0.8)	= 4.8 %

7b) Berekening intakecriterium olie voor de geanalyseerde specie ⁸

verspreiden	(1000 * 6.0) / 10	= 600 mg/kg
	(1111 * 6.0) / 10	= 667 mg/kg
nat toepassen	(500 * 6.0) / 10	= 300 mg/kg
	(556 * 6.0) / 10	= 334 mg/kg
droog toepassen na 1 jaar rijpen	(833 * 6.0) / 10	= 500 mg/kg
	(1250 * 5.4) / 10	= 675 mg/kg
droog toepassen na 2 jaar rijpen	(1667 * 5.7) / 10	= 950 mg/kg
	(2500 * 4.8) / 10	= 1200 mg/kg

methode 2) Intakecriteria per specie-type**8a) Berekening org. stofgehalte van zandige, matig humeuze baggerspecie na verwerking**

verspreiden	= 4.0 * (1)	= 4.0 %
nat toepassen	= 4.0 * (1)	= 4.0 %
droog toepassen na 1 jaar rijpen	= 4.0 * (1)	= 4.0 %
	4.0 * (0.9)	= 3.6 %
droog toepassen na 2 jaar rijpen	= 4.0 * (0.95)	= 3.8 %
	4.0 * (0.80)	= 3.2 %

8b) Berekening intakecriterium olie voor zandige, matige humeuze baggerspecie

verspreiden	(1000 * 4.0) / 10	= 400 mg/kg
	(1111 * 4.0) / 10	= 444 mg/kg
nat toepassen	(500 * 4.0) / 10	= 200 mg/kg
	(556 * 4.0) / 10	= 222 mg/kg
droog toepassen na 1 jaar rijpen	(833 * 4.0) / 10	= 332 mg/kg
	(1250 * 3.6) / 10	= 450 mg/kg
droog toepassen na 2 jaar rijpen	(1667 * 3.8) / 10	= 633 mg/kg
	(2500 * 3.2) / 10	= 800 mg/kg

9) Toetsingsresultaat

(gemeten gehalte = 650 mg/kg)

Methode 2

(min - max)

verspreiden	nee	(400 - 440)
nat toepassen	nee	(200 - 222)
droog toepassen na 1 jaar rijpen	nee	(332 - 450)
droog toepassen na 2 jaar rijpen	misschien	(633 - 800)

methode 1

(min - max)

misschien	(600 - 667)
nee	(300 - 334)
misschien	(500 - 675)
ja	(900 - 1200)

⁸

Indien voor de omrekening gebruik wordt gemaakt van Waboos, worden niet de normen, maar de gemeten gehalten omgerekend. De "gecorrigeerde" meetwaarden worden vervolgens getoetst aan de Intakewaarden voor standaard bodem.

programmatuur die gebruikt kan worden bij toepassing van de beslisboom

- 1) **Geautomatiseerde omrekening naar standaard bodem.** Bij methodiek 1 wordt getoetst aan "standaard intakecriteria", welke gelden voor (al dan niet bewerkte) baggerspecie met 10% organisch stof en 25% lutum. In de tekst is aangegeven dat hiervoor bestaande automatiseringshulpmiddelen gebruikt kunnen worden. Een voor waterbodem meest gebruikte programma hiervoor is Waboos, maar vele andere programma's (w.o. bodeminformatiesystemen) kennen dezelfde functies.

Als bij de beslisboom methodiek 1 wordt gebruikt, hetgeen wordt aanbevolen, aangezien deze nauwkeuriger is, kunnen met dergelijke programma's de gemeten concentraties worden omgerekend naar "standaard bodem".

Bij deze omrekening naar standaard bodem moet gebruik worden gemaakt van het organisch stofgehalte na bewerking (met name bij rijping/landfarming). Hiervoor moeten de in tabel 3.2 weergegeven omrekenfactoren worden gebruikt:

$$\text{Organisch stofgehalte}_{\text{na verwerken}} = \text{organisch stofgehalte}_{\text{in situ}} \times \text{omrekenfactor}$$

In het databestand moet vervolgens het gemeten organisch stofgehalte worden vervangen door het berekende organisch stofgehalte, en kan de omrekening naar standaard bodem worden uitgevoerd. Vervolgens kunnen deze berekende gehalten (standaard bodem) worden getoetst met de toetsingslijsten (1.1 t/m 1.5)

- 2) **Geautomatiseerde toetsing van kwaliteitsgegevens.** Het doorlopen van de toetsingsmodule (stap 3) zou eveneens geautomatiseerd uitgevoerd kunnen worden. De "standaard-intakecriteria" kunnen worden opgenomen in Waboos (vergelijkbaar met inbouwen van stortcriteria Slufter).

De omrekening naar standaardbodem (zie 1) en de toetsing (+uitdraai van de classificatie) kan vervolgens met de Waboos-programmatuur worden uitgevoerd. Hierbij moet wel de omrekening van organisch stof in het programma worden ingebouwd.

Ook de indeling in specie-type (stap 2 van de beslisboom) kan relatief eenvoudig in een programma worden opgenomen. Hierbij moet er echter rekening mee worden gehouden dat de benodigde textuurgegevens (m.n. zandgehalte) vaak niet zijn opgenomen in de bestaande databestanden. Dit betekent dat voor de textuurindeling altijd een handmatige controle en aanpassing nodig zal zijn.

- 3) **GIS-applicaties.** Een koppeling aan een geografisch bodeminformatiesysteem (zoals NAZCA) biedt mogelijkheden om geautomatiseerd de stippenkaarten te genereren (stap 4) en zal ook de indeling in homogene gebieden aanzienlijk kunnen vereenvoudigen. Dit heeft tevens als voordeel dat een koppeling gelegd kan worden met het GIS-model "grondstoffenstromen" dat momenteel door DWW wordt ontwikkeld.

**Bijlage 2. Milieuhygiënische criteria
hergebruik**

Toelichting Milieuhygiënische criteria

In deze bijlage zijn de milieuhygienische criteria weergegeven die worden gehanteerd voor het verspreiden en toepassen van (al dan niet bewerkte) baggerspecie. De in de lijsten opgenomen parameters betreffen een selectie, gebaseerd op een inschatting van de parameters die in waterbodems meestal klassebepalend zijn. Indien er indicatie bestaat dat in het gebied waar de beslisboom wordt toegepast, andere parameters (eveneens) klassebepalend zijn, moeten deze aan de lijst worden toegevoegd.

Deze criteria voor verspreiden zijn gebaseerd op de Evaluatienota Water (ENW). Gedurende het opstellen van de beslisboom project is de 4e Nota Waterhuishouding verschenen. Uit de 4e Nota zijn de criteria voor verspreiden in zoute wateren (uniforme gehaltetoets) opgenomen. Tevens is voor humusarme baggerspecie (organisch stof < 10%) de omrekening naar standaard bodem komen te vervallen. Deze wijzigingen zijn doorgevoerd in de beslisboom..

De criteria voor toepassen zijn gebaseerd op het Bouwstoffenbesluit Bodem- en Oppervlaktewaterbescherming. De samenstellingswaarden uit dit besluit worden waarschijnlijk binnenkort aangepast (Concept Vrijstellingsbesluit Samenstellings- en emissiewaarden). Deze veranderingen zijn **niet** doorgevoerd in de beslisboom, met twee uitzonderingen:

- 1) Voor humusarme baggerspecie (organisch stof < 10%) is de omrekening naar standaard bodem komen te vervallen.
- 2) De samenstellingswaarde (criterium voor schone grond, NTO/DT0 is beslisboom) voor sulfide is komen te vervallen. Met name voor baggerspecie is dit relevant, aangezien door deze sulfidenorm (was 2 mg/kg) baggerspecie vrijwel nooit als schone grond (NTO/DT0) geclassificeerd kon worden.

In het Wijzigingsbesluit zijn echter een aantal aanpassingen voorzien die consequenties hebben voor de beslisboom. Enkele daarvan zijn:

- 1) Indien meer dan negen parameters zijn onderzocht mogen 3 parameters de samenstellingswaarde (criterium voor schone grond, NTO/DT0 is beslisboom) overschrijden. Indien meer dan 20 stoffen worden getoetst mogen maximaal 4 stoffen de samenstellingswaarde overschrijden. De gehalten mogen de Wbb tussenwaarde niet overschrijden.
- 2) De samenstellingswaarde van een aantal organische parameters zijn gewijzigd. Meestal betreft het een verruiming (bv EOX van 0,1 en wordt 0,3 mg/kg)
- 3) Er zijn een aantal somparameters voor organische stoffen toegevoegd (bv som DDT's, som drin's, som chloorbenzenen). Tevens is som PCB(6) vervangen door som PVB(7).

De aanpassing onder 1) kan door de gebruiker worden toegepast bij gebruik van de beslisboom.

Bodemtype = Standaard bodem

org stof
lutum
zand

As
Cd
Cr
Cu
Hg
Pb
Ni
Zn

minerale olie
PAK's

naftaleen
 anthraceen
 fenantreen
 fluoranteen
 benz(a)anthraceen
 chryseen
 benzo(k)fluorantheen
 benzo(b)fluorantheen
 benzo(a)pyreen
 benzo(gi)peryleen
 indenopyreen

som PAK's (10)
EOX
chloorbenzenen

HCB

som chloorbenzenen
organochloor-bestrijdingsmiddelen
Aldrin+dieldrin
Endrin

Y-HCH (lindaan)

som HCH-v
 som OCB's
 PCB's

PCB-28
PCB-52
PCB-101
PCB-118
PCB-138
PCB-153
PCB-180

som PCB (6)
 som PCB's (7)
 Cyanide

zoet milieu
chloride
sulfaat
sulfide

chloride
sulfaat
sulfide

Normen voor verspreiden	
Zoet toetsingswaarde	zout gehaltetoets
55	29
7.5	4
380	120
90	60
1.6	1.2
530	110
45	45
720	365

[illegible]

Normen voor toepassen Bouwstoffenbesluit		IPO	Uitloogwaarden (voor 0.7 m)			
streefwaarde	grenswaarde	tussengrenswaarde	Op land	in water		
			U1 waarde	U2 waarde	U1 waarde	U2 waarde
29	55	38	0.88	7		
0.8	12	1.18	0.032	0.066		
100	380	380	1.3	12.3		
36	190	105	0.72	3.5		
0.3	10	0.33	0.018	0.076		
85	530	205	1.9	8.7		
35	210	60	1.1	3.7		
140	720	265	3.8	14.7		
50	500					
	5					
	10					
	20					
	35					
	40					
	10					
	40					
1	40					
0.1						
0.0025	5					
0.001						
	0.5					
0.0025	0.5					
5E-05						
	0.5					
	0.5					
0.001						
0.001						
0.004						
0.004						
0.004						
0.004						
0.004						
0.02						
	0.5					
5	50		0.067	0.047		
200			599	8807	1147	8807
			1136	22027	1380	22027
			1950	87754	1950	87754

Bijlage 3. Civieltechnische criteria hergebruik

Sector	Toepassing	Code	Zand > 63 um (%) m/m) ¹⁾	Lutum < 2 um (%) m/m) ¹⁾	Organische stof (%) m/m) ²⁾	zoutgehalte (g/l) bodenvocht	Ic-waarde niet voor zand	Opmerkingen
wegen	belastings spreidende laag, zandbed onder wegen	CB	≥ 85	-	≤ 3	-	-	indien 10 tot 15 % < 63 um, dan aanvullende eis max 3% < 20 um
wegen	constructieve ophoging en aanvulling met zand	CO, CA 1	≥ 50	≤ 8	≤ 5	-	-	RAW-eis
waterbouw	ophoging en aanvulling in water zoals kustmatige eilanden, kustlocaties	CO, CA 1	≥ 90	≤ 5	≤ 5	-	-	
wegen, dijken, overige	constructieve ophoging en aanvulling, zoals wegen, dijkken en industrieterreinen	CO, CA 2	- ³⁾	- ³⁾	≤ 5	≤ 4	≥ 0,70	Ic ≥ 0,70 tot circa 6 m. hoogte, bij grotere hoogten onderin droger materiaal
overige	niet-constructieophoging en aanvulling, zoals geluidswallen, hoogwatervluchtplaatsen en recreatieterreinen	NO, NA	-	-	≤ 7	-	≥ 0,60	Ic ≥ 0,70 tot circa 6 m. hoogte, bij grotere hoogten onderin droger materiaal
wegen, overige	als deklaag op wegbermen, stortplaatsen, terreinen, geluidswallen	AD 1	- ⁴⁾	≥ 8 ⁵⁾	≤ 15 - 30	≤ 10 ⁶⁾	≥ 0,50	
dijken	als erosiebestendige deklaag op dijken	AD 2	≤ 40	≥ 8 - 25	≤ 5	≤ 4	≥ 0,75	lutumgehalte afhankelijk van slibgehalte, plasticiteitsindex (Ip) > 18 en Ip > 0,73 * (WI-20)
dijken	als vegetatielaag of toplaag, voor een goede erosiebestendige grasmat op deklaag	VG	≤ 50	≥ 8 en tevens ≤ 25	≤ 3	≤ 4	≥ 0,50	uitrolgrens (Wp) ≥ 15%
wegen, dijken, overige	als isolatielaag, tegengaan van watertransport of uitloging, onder wegen, dijken	1	≤ 35	≥ 20 en tevens ≤ 40	≤ 3	≤ 4	≥ 0,75	doorlatendheid (k) > 10 - 6 m/s
overige	als natte isolatielaag bij natte stortplaatsen, kanaalbodem, kwelschermen	1	≤ 35	≥ 20 en tevens ≤ 40	≤ 3	- ⁷⁾		doorlatendheid (k) > 10 - 6 m/s
overige	aanvullen of dempen van havens en putten, landschap en natuurbouw	-	-	-	-	-	-	-

1) Percentage zand en lutum t.o.v. minerale delen

2) Percentage organische stof t.o.v. totale monster

3) Afhankelijk van de te stellen eisen t.a.v. (on)doorlatendheid

4) Afhankelijk van functie en lokale omstandigheden (erosiebestendigheid, begrazing, natuurontwikkeling, bezonning, grondwaterpeil etc.)

5) Tot een lutumgehalte van 25% neemt de stevigheid van de zode toe

6) Bij een zoutgehalte van 10 g/l bodenvocht wordt inzaaien mogelijk geacht, waarbij geanticipeerd wordt op een verlaging van het zoutgehalte door neerslag. Voor zoutgevoelige gewassen ligt de grens op 1 g/l bodenvocht en voor matig gevoelige gewassen op 2 g/l bodenvocht.

7) Bij toepassing onder anaerobe condities is de eis ten aanzien van organisch stof die bij "droge isolatielagen" wordt gehanteerd niet relevant.

Opgemerkt wordt dat de eisen van verwerking en verdichting en eisen t.a.v. kalkgehalte niet in deze tabel zijn opgenomen.

**Bijlage 4. Omrekenfactoren voor baggeren,
rijpen/landfarmen en fractiescheiden**

Inhoudsopgave

blz.

1	Kwaliteitsverandering bij baggeren en transport	1
1.1	Inleiding	1
1.2	Bewerkingsvarianten	2
1.2.1	Mechanisch baggeren	3
1.2.2	Hydraulisch baggeren en verpompen	3
2	Kwaliteitsverandering bij ontwateren/rijpen en landfarmen	5
2.1	Inleiding	5
2.2	Bewerkingsvarianten	5
2.3	Ontwatering en rijpingsgraad	9
2.4	Afbraak organisch stof	13
2.5	Afbraak van minerale olie en PAK	17
2.5.1	Minerale olie	17
2.5.2	PAK	23
2.6	Uitspoeling van zouten	30
2.6.1	Uitspoeling van chloride	30
2.6.2	Oxidatie van sulfide en uitspoeling van Sulfaat	33
2.7	Zware metalen en cyanide	36
3	Fractiescheiding (depotscheiding)	39
3.1	Inleiding	39
3.2	Varianten fractiescheiding	40
3.2.1	Chemische samenstelling zandfractie	40
3.2.2	Uitloging metalen, sulfaat en chloride	41
3.2.3	Fysische samenstelling	41

1 Kwaliteitsverandering bij baggeren en transport

1.1 Inleiding

Bij baggeren, transport en overslag wordt de baggerspecie in min of meerdere mate gehomogeniseerd, waardoor de kwaliteit zal gaan afwijken van het gemiddelde dat bij de in situ bemonstering is aangetroffen. Oorzaken hiervan kunnen zijn:

- Selectieve monsternamen op verontreinigde plaatsen/sliblagen. Dit kan leiden tot overschatting van de verontreinigingsgraad. Bij waterbodemonderzoek worden de monsternamen en de analyses geconcentreerd op de verdachte plaatsen/bodemlagen, waardoor berekening van een gemiddelde tot een overschatting gaat leiden.
- Berekening gemiddelde vs mediane waarde. Bij hantering van het gemiddelde van een in situ bemonstering zal een overschatting optreden doordat uitschieters een groot effect hebben op de gemiddelde waarde.
- Het meebaggeren van minder verontreinigde lagen (bv zandlagen binnen een slibpakket of baggeren met overdiepte). Hierdoor kan er een kwaliteitsverbetering optreden.
- Het meebaggeren van een grote hoeveelheid water. Hierdoor kunnen fijne deeltjes (organisch stof, lutum) en verontreinigingen in suspensie of oplossing gaan. Bij de verdere behandeling kan dit water worden afgescheiden (overloop uit beunbakken, bij opspuiten in depot of terugstorten in water), waardoor de samenstelling van de specie verandert.

Nagegaan wordt, op basis van literatuur en uitgevoerde projecten, in hoeverre de kwaliteit van de gebaggerde specie afwijkt van de baggerspecie "in de beun" of "in depot na opspuiten". Gestreefd wordt naar algemeen geldende omrekeningsfactoren (afhankelijk van de stof).

Hierbij wordt onderscheid gemaakt in:

- 1) omrekenfactoren voor toetsing op monsterniveau. In dit geval wordt alleen rekening gehouden met de kwaliteitsverandering door het in oplossing of suspensie gaan van stoffen. De factoren zullen afhankelijk zijn van de gehanteerde baggertechniek en transport (mechanisch baggeren vs hydraulisch baggeren, verpompen vs "droog" verplaatsen).
- 2) omrekeningsfactoren voor toetsing op gebiedsniveau. Na het begrenzen van "homogene gebieden" kan de spreiding in analyseresultaten binnen het gebied een reden zijn om de toetsingsmodule opnieuw te doorlopen, waarbij rekening wordt gehouden met het mengen van baggerspecie uit het gebied (bv hernieuwde toetsing met gemiddelde of mediane waarden). Bij het toetsen van individuele monsters wordt geen rekening gehouden met dergelijke "homogenisatie" effecten.

1.2 Verwerkingsvarianten

De omrekenfactoren worden opgesteld voor de volgende verwerkingsvarianten:

- hydraulisch baggeren + overloop uit beun;
- opspuiten op een landlokatie + afpompen/overloop overtollig water (bv bij rijpingsvelden);
- lossen in oppervlaktewater (onderlossers).

Voor andere bewerkingen worden de omrekenfactoren op 1 gesteld (geen concentratieverandering; bijvoorbeeld bij mechanisch baggeren, CSO, 1996).

In onderstaande tabel zijn de verwerkingsvarianten weergegeven, waarbij de stappen met een mogelijk optredende concentratieverandering cursief/vet zijn aangegeven. In totaal worden 8 varianten onderscheiden, waarvan 2 zonder concentratie-verandering.

Van de in de tabel weergegeven bewerkingsstappen zijn er 4 van toepassing op een verwerking van baggerspecie met rijpen/landfarnen. In deze gevallen worden de omrekenfactoren bij elkaar opgeteld tot een gecombineerde omrekenfactor. De omrekenfactoren voor baggeren/transport zijn niet van toepassing op de opmenging met water die plaatsvindt bij depotscheiding. Voor depotscheiding worden separaat omrekenfactoren opgesteld (zie H 6).

Tabel 1.1 Verwerkingsvarianten Baggeren en Transport

	Baggeren	Transport	aanbrengen op lokatie rijpen/landfarnen	aanbrengen op lokatie hergebruik ¹⁾	eindbestemming
1	mechanisch	beun/containers e.d.	-	<i>lossen in water</i>	- verspreiden - nat toepassen
2			-	steekvast	- verspreiden - nat/droog toepassen
3			steekvast	steekvast	- droog toepassen
4			<i>opspuiten</i>	steekvast	- droog toepassen
5		verpompen	-	<i>lossen in water</i>	- verspreiden - nat toepassen
6			<i>opspuiten</i>	steekvast	- droog toepassen
7	<i>hydraulisch</i>	verpompen	-	<i>lossen in water</i>	- verspreiden - nat toepassen
8			<i>opspuiten</i>	steekvast	- droog toepassen

¹⁾ hiervoor worden geen omrekenfactoren gehanteerd aangezien de toetsing aan de normen voor verspreiden/hergebruik plaatsvindt op de baggerspecie *voordat* deze is aangebracht.

1.2.1 Mechanisch baggeren

Uit een eerste analyse blijkt dat bij projecten waar een intensieve bemonstering is uitgevoerd en de baggerspecie met een dichte knijper is gebaggerd (zoals bij proefprojecten in de Zandmaas en de Petroleumhaven) geen kwaliteitsverbetering is optreden. Er worden daarom geen omrekenfactoren gehanteerd voor het mechanisch baggeren.

Zandmaas en Petroleumhaven

In 1996 is in opdracht van het projectbureau Zandmaas van Rijkswaterstaat, Directie Limburg een onderzoek uitgevoerd naar de in situ kwaliteit van baggerspecie en naar de kwaliteit van de baggerspecie. Een aantal proefvakken liggend zowel in de droge uiterwaard als op diverse plekken in de rivier zijn onderzocht. In tegenstelling tot wat de verwachting was is er geen sprake geweest van een kwaliteitsverbetering van specie in situ en specie in de beun. In enkele gevallen is er zelfs sprake geweest van een kwaliteitsafname.

Ook in 1996 is in de Petroleumhaven te Amsterdam een pilot-sanering uitgevoerd, hierbij is een hoeveelheid van circa 5.000 m³ baggerspecie ontgraven en in beunschepen afgevoerd naar Moerdijk voor reiniging. De waterbodem in de Petroleumhaven is sterk verontreinigd met met name minerale olie en PAK. De algehele kwaliteit van de specie in de haven is wel bekend, de in situ kwaliteit van het proefvak echter niet (misschien wel te achterhalen, Oranjewoud 1991). Voor het transport, na het transport en bij het in depot zetten van de baggerspecie is wel de kwaliteit bepaald. Hieruit blijkt geen afname van gehalten voor PAK en slechts een lichte afname van gehalten voor minerale olie (blijft klasse 4). De verwachte trend dat de gemiddelde PAK-gehalten met baggeren, transport, overslag en in depot zetten afnemen ten opzichte van de in situ concentratie valt niet te constateren.

1.2.2 Hydraulisch baggeren en verpompen

lutum- en organisch stof. Deze kunnen bij hydraulisch baggeren in suspensie gaan en vervolgens worden geloosd met overtollig water. Hierdoor wordt "in de beun" een lager gehalte aangetroffen. Ook indien baggerspecie op de verwerkings/hergebruiklokatie wordt opgespoten, kunnen deze stoffen in suspensie gaan en vervolgens worden afgevoerd met het overtollige water.

Op basis van de beschikbare literatuur kunnen vooralsnog geen uitspraken worden gedaan over de kwaliteitsverandering als gevolg van hydraulisch baggeren en verpompen. In de beslisboom wordt voorlopig aangehouden dat bij hydraulisch baggeren de gehalten aan lutum en organisch stof niet afnemen t.o.v. de in situ gehalten en dat bij het verpompen van baggerspecie in een (tijdelijk) depot, met overloop van overtollig water, de lutum- en organisch stofgehalten met 5% afnemen (marge 0-10%).

opgeloste zouten. Door toevoegen van water en vervolgens afvoeren van dit water kunnen zouten (chloride, sulfaat) worden verwijderd. De mate van verwijdering hangt af van de hoeveelheid toegevoegd water en het zoutgehalte van dit water. Vooralsnog wordt ervan uitgegaan dat het "spoelwater" gelijke zoutconcentraties heeft als het poriewater, en er dus geen afname van het zoutgehalte plaatsvindt. Bij de omrekenfactoren voor sulfaat is van belang of, voorafgaand aan het afvoeren van het overtollige water, oxidatie van de baggerspecie heeft

plaatsgevonden (sulfide -omzetting). Aangezien de omzetting van sulfide een langzaam proces is, wordt ervan uitgegaan dat dit verwaarloosbaar is. Er wordt geen omrekenfactor voor het uitspoelen van sulfaat bij hydraulisch baggeren en verpompen gehanteerd.

minerale olie. Met name lichte oliefracties kunnen bij het verpompen van baggerspecie worden afgescheiden. Ook hiervan zijn in de literatuur geen praktijkgegevens teruggevonden. Vooralsnog wordt een omrekenfactor van 5% afname gehanteerd bij het verpompen van baggerspecie (marge 0-10%).

verontreinigingen die aan lutum en organisch stof zijn gebonden. Indien lutum en organisch stof "verdwijnen", worden ook de hieraan gebonden verontreinigingen afgevoerd. Indien verontreinigingen evenredig over de matrix verdeeld zouden zijn, heeft dit geen concentratie-afname tot gevolg. Aangezien de verontreinigingen voor een groot deel zijn gebonden aan lutum of organisch stof is de verwachting echter dat er wel een daling van gehalten kan optreden. Vanwege de onzekerheid in de omrekeningsfactor van organisch stof en lutum, wordt dit effect verwaarloosd.

Tabel 1.2.: omrekenfactoren baggeren/transport

	mechanisch baggeren	hydraulisch baggeren	verpompen
lutum	1	1	0.9 - 1
org stof	1	1	0.9 - 1
olie	1	1	0.9 - 1
chloride	1	1	1
sulfaat	1	1	1
metalen	1	1	1
org micro-verontreinigingen	1	1	1

2 Kwaliteitsverandering bij ontwateren/rijpen en landfarmen

2.1 Inleiding

Onder water, in de waterbodem, heersen over het algemeen (behalve in de bovenste centimeters van niet te diepe wateren) reducerende omstandigheden waardoor bepaalde stoffen niet of heel langzaam afgebroken worden. Door de waterbodem te baggeren en de specie op het land te zetten veranderen de omstandigheden van reducerend naar oxiderend; de specie wordt belucht. Rijping bestaat uit drie deelprocessen: fysische, chemische en (micro)biologische rijping. Door de fysische rijping daalt het vochtgehalte en ontstaan krimpscheuren in de baggerspecie. Hierdoor wordt de in depot gezette specie belucht en start de oxidatie van metaalsulfiden en spoelen zouten uit (chemische rijping). Doordat de specie belucht wordt, kunnen aerobe biologische activiteiten plaatsvinden die zorgen voor omzettings- en afbraakprocessen. Hierbij wordt organisch stof omgezet en afgebroken, maar kunnen tevens makkelijk afbreekbare (of vluchtige) organische verontreinigingen (met name olie) door micro-organismen worden afgebroken. Bij de chemische en biologische rijping verandert de kleur van de baggerspecie van grijs-zwart naar bruin.

De laatste jaren zijn diverse (pilot-)projecten uitgevoerd waarbij de in- en uitgangssituatie bekend is. In de beslisboom zullen op basis van de pilot-onderzoeken en uitgevoerde projecten de resultaten van ontwateren/rijping en landfarming worden gekwantificeerd. Hierbij wordt aandacht besteed aan de volgende parameters

- 1) rijpingsgraad en consistentie-index
- 2) afbraak organisch stof
- 3) afbraak van olie en PAK
- 4) oxidatie van sulfide en uitspoeling van sulfaat
- 5) uitspoeling van chloride
- 6) mobilisatie van zware metalen.

De omrekenfactoren worden in de beslisboom afhankelijk gemaakt van

- *type baggerspecie*. Verschillende factoren voor zandige baggerspecie, kleiige baggerspecie e.d.;
- *verwerkingsmethode*. Voor de zes hierboven beschreven varianten worden verschillende omrekenfactoren opgesteld;

2.2 Verwerkingsvarianten

Ontwatering/rijping en extensieve landfarming bestaat in essentie uit het op het land zetten van specie. Het is een passieve methode van bewerking. Ten behoeve van de bewerking wordt een (tijdelijk) depot aangelegd, dat zo is geconstrueerd dat het water in de baggerspecie versneld wordt afgevoerd. Het depot wordt gelegd op een zandbed, dat voorzien is van een drainagesysteem. In de specie worden

vervolgens greppels gegraven. Wanneer de baggerspecie wordt opgespoten, zal eerst een sedimentatie-fase plaatsvinden, waarbij de vaste delen bezinken en het opstaande water via een overloop wordt afgevoerd ¹.

De baggerspecie wordt meestal in een dikte van maximaal 1 meter opgebracht op een drainerende ondergrond (zandbed met drainage). Het proces start aan de bovenzijde van het rijpingsdepot. Het water in de baggerspecie zakt uit en verdamppt. Om het proces te versnellen worden veelal greppels of sloten gegraven, waardoor water zijdelings kan uittreden, en regenwater versneld kan worden afgevoerd (oppervlakkige afstroming).

Het verlagen van het vochtgehalte gaat gepaard met inklinking van de baggerspecie (volume-afname) en bij kleihoudende baggerspecie ontstaan aan de bovenzijde krimp-scheuren. Nadat de baggerspecie aan de bovenzijde voldoende is gerijpt kan de baggerspecie worden "geploegd" of worden omgezet. De geringe draagkracht van de (klei-humusrijke) baggerspecie kan betreding in het eerste jaar echter verhinderen. Afschrappen vanaf de zijkanten is bij kleinere depots een mogelijkheid. Met het omzetten wordt de structuur van de specie losser gemaakt, zodat de ontwatering/rijping gelijkmatiger kan optreden.

De snelheid waarmee de ontwatering plaatsvindt is sterk afhankelijk van de korrelverdeling en het humusgehalte van de baggerspecie. Zandige baggerspecie heeft een grote doorlatendheid, waardoor het water snel via drainage afgevoerd kan worden. Naarmate het humus- en organisch stofgehalte groter wordt, neemt de doorlatendheid af en neemt het vermogen om water vast te houden sterk toe. Bij klei- en humusrijke specie vindt de ontwatering voornamelijk plaats via verdamping en de afvoer via greppels, en veel minder door drainage. Bij zandige baggerspecie zal de ontwatering gelijkmatiger over het gehele diepte optreden.

De snelheid van ontwatering is tevens afhankelijk van klimatologische omstandigheden. In een droge, warme zomerperiode kan de ontwatering/rijping vrij snel plaatsvinden. Door overvloedige neerslag kan, met name bij kleirijke en humusrijke baggerspecie, het proces sterk worden vertraagd of zelfs worden omgekeerd. Vandaar dat het aanbrengen van de baggerspecie in het voorjaar en het afvoeren in de herfst het meest optimaal is (0,5 jaar rijping). Indien dit niet voldoende is voor de ontwatering/rijping, kan de procesduur met een extra jaar worden verlengd (ontwatering/rijping van 1,5 jaar).

Om te voorkomen dat in natte perioden (m.n. herfst/winter) de baggerspecie weer geheel verzadigd raakt met water, worden in het rijpingsdepot veelal greppels aangelegd, waarmee de overvloedige neerslag kan worden afgevoerd. Het overdekken van het depot kan worden toegepast (evt in combinatie met verwarmen), maar wordt niet als optie in de beslisboom uitgewerkt.

In aanvulling op het aanleggen van drainage, het graven van greppels en het ploegen van de baggerspecie, kan de ontwatering/rijping worden versneld door

¹

Bij opspuiten van specie in een ontwaterings/rijpingsdepot vindt eerst bezinking plaats, waarbij het overvloedige water via een overloop (of met pompen) wordt verwijderd. Dit proces wordt gezien als onderdeel van het baggeren en transport, zie H 1).

gewasgroei. In de beginperiode kan hiervoor bijvoorbeeld riet worden gebruikt. Nadat de specie gedeeltelijk is gerijpt, kan een ander gewas worden ingezaaid, waarmee de rijping verder kan worden versneld. Door de vegetatie stijgt de verdamping van water en door de wortelgroei verbetert de structuur van de baggerspecie. Aan het eind van het groeiseizoen kan de afgestorven vegetatie door de baggerspecie worden gehakseld om de structuur te verbeteren. De aanwezigheid van plantenresten kan echter vanuit civieltechnisch oogpunt hergebruik van de gerijpte baggerspecie beperken. Tevens is een toename van het organisch stofgehalte voor veel toepassingsgebieden ongewenst.

Uit proeven in Zeeland bleek dat een betere bodemstructuur werd verkregen met spontane opslag, maar deze komt niet binnen 1 groeiseizoen tot ontwikkeling. Verder is het toepassen van beplanting bij zoute baggerspecie moeizaam, en pas effectief na ontziltling (RIZA, 1997b).

Bij landfarming worden naast de bovenbeschreven passieve methode van rijpen/ontwateren ook actief werkzaamheden uitgevoerd, die ervoor zorgen dat de biologische omzettingsprocessen sneller en beter kunnen verlopen. Voorbeelden van actieve werkzaamheden zijn: bemesting, begroeiing door gewassen, mengen van structuurverbeteraars, actieve beluchting, temperatuurverhoging, bevochtiging en enten met specifieke bacteriën.

In de beslisboom worden 6 bewerkingsvarianten van ontwateren, rijpen en landfarming opgenomen. Deze verschillen van elkaar in de mate van bewerking van de baggerspecie, de procesduur en de toegepaste laagdikte.

Er zijn natuurlijk nog en groot aantal andere varianten denkbaar, maar met deze zes varianten wordt een beeld gegeven van de meest reële bewerkingsmogelijkheden met ontwateren/rijpen en landfarming.

Tabel 2.1 Verwerkingsvarianten ontwateren/rijpen en landfarmen

Proces	laagdikte meters	tijdsduur jaar ¹⁾	bewerkingen	
			drainage, greppels en ploegen ²⁾	bemesten, gewas-aanplant e.d.
Ontwateren/rijpen	1.0	1	ja	nee
Ontwateren/rijpen	1.0	2	ja	nee
Ontwateren/rijpen	0.5	1	ja	nee
Ontwateren/rijpen	0.5	2	ja	nee
Landfarmen	0.5	2	ja	ja
Landfarmen	0.5	4	ja	ja

¹⁾ 1 jaar staat voor één zomerperiode; 2 jaar voor twee zomerperiodes, etc

²⁾ de mate van bewerking die nodig is, is afhankelijk van het speciotype. Naarmate de baggerspecie meer klei en humus bevat, is de benodigde bewerking intensiever. Daarnaast is de mate van bewerking afhankelijk van de weersgesteldheid (veel bewerking in natte perioden)

Bij het droog inbrengen van baggerspecie in een depot in het voorjaar (april-juni), kan de rijping/landfarming in hetzelfde jaar aanvangen. Als de baggerspecie in de zomer voldoende is gerijpt, kan deze in het najaar worden verwijderd. De procesduur is dan 1 zomerperiode (voortaan in de tekst aangeduid als 1 jaar).

Bij het opspuiten van baggerspecie in een depot ligt de start van de rijping/landfarming echter niet direct bij het inbrengen van de baggerspecie. Eerst moet de specie bezinken en moet het opstaande water worden afgepompt. Hierdoor moet de inrichting van een depot worden vervroegd, wil de eerste zomer nog effectief bijdragen aan de ontwatering/rijping. Bij opbrengen van de specie in mei/juni wordt de eerste zomerperiode niet meer gerekend tot het proces van rijpen/ontwateren.

2.3

Ontwatering en rijpingsgraad

In de beslisboom is het eind-droge stofgehalte niet als toetsingsparameter opgenomen. Ook de rijpingsfactor (n-cijfer), die kan worden berekend uit het droge stofgehalte, is niet als toetsingscriterium opgenomen. Wel wordt, in verband met de hergebruiksmogelijkheden, nagegaan met welke verwerkingsvarianten een "gerijpte" baggerspecie wordt geproduceerd.

Ook indien met de bovenstaande uitvoeringsvarianten geen gerijpte baggerspecie kan worden geproduceerd, wordt de verwerkingsvariant in de beslisboom in beschouwing genomen (met omrekenfactoren voor afbraak en omzetting).

Bij de daaropvolgende toetsing op civieltechnische eigenschappen, wordt aangegeven dat het niet- of deels gerijpte grond betreft die slechts voor een beperkt aantal toepassingsgebieden geschikt is.

In onderstaande formule is aangegeven op welke wijze de rijpingsgraad wordt berekend. Bij een rijpingsgraad < 0.7 wordt gesproken van volledig gerijpte baggerspecie. Bij n=1 is de specie vrijwel gerijpt.

$$n = \frac{A - p * (100 - L - H)}{L + b * H}$$

A = totaal water gehalte in g per 100 g droge grond

P = constante

0.15 bij zandig slib

0,20 bij kleiig en weinig slib

b = constante:

3 bij humus < 10%

4 bij humus > 10%

L = lutumgehalte (%)

H = gloeiverlies (%)

*vergelijking van Pons en Zonneveld (1965)

In Zuid Holland is een uitgebreid rijpings-onderzoek uitgevoerd met vijf specie-typen (GOBZH, 1998). Hieruit bleek dat voor zandige baggerspecie een rijpingsduur van 0,5 jaar voldoende was. De matig zandige en siltige baggerspecie was in deze periode vrijwel grijpt, en na 1,5 jaar volledig gerijpt. Alleen de venige baggerspecie was in deze periode niet gerijpt. Kleiige specie is bij deze rijpingsproef niet getest.

In tabel 2.3 zijn de resultaten van deze rijpings- en landfarmingproeven, en een aantal andere goed gedocumenteerde proeven, samengevat. Op basis hiervan is een overzichtstabel samengesteld van het rijpingsresultaat bij de verschillende verwerkingsvarianten en baggerspecie-typen (tabel 2.2).

Tabel 2.2 Rijpingsgraad van baggerspecie bij verschillende uitvoeringsvarianten

laagdikte ¹⁾ procesduur (jaar) ²⁾	Rijping				Landfarmen	
	1 meter		0,5 meter		0,5 meter	
	1	2	1	2	2	4
zwak humeus zand						
matig humeus zand						
matig humeus matig zandig						
matig humeus siltig						
matig humeus kleilig						
sterk humeus kleilig						
venig						

	volledig gerijpt
	vrijwel gerijpt, rijping risicovol (rijpingsgraad afhankelijk van klimatologische omstandigheden)
	niet gerijpt

¹⁾ De laagdikte betreft de dikte direct na het in depot zetten van de specie (bij steekvast opbrengen), of de dikte na bezinking (bij opspuiten). Ervaring bij de Slufter leert dat dit na 1 seizoen een laagdikte van ca 0,5 meter oplevert (vrijwel volledig grijpt).

²⁾ Bij droog inbrengen kan een procesduur van 1 jaar gelden voor een procesverloop waarbij de specie in het voorjaar wordt opgebracht (april/mei) en in september/oktober wordt verwijderd (feitelijk ca 30 weken).
Bij nat opspuiten in een depot staat 1 jaar voor een procesverloop waarbij de baggerspecie in mei/juni volledig is bezonken tot een steekvast materiaal, en de gerijpte specie in september/oktober wordt verwijderd. Afhankelijk van de aard van de specie, moet het depot in het vroege voorjaar of in het voorafgaande jaar zijn ingericht. De tijdsduur kan hiermee oplopen tot 52 weken.
In de beslisboom wordt voor de omrekenfactoren voor afbraak verder geen onderscheid gemaakt tussen deze twee varianten, ervan uitgaande dat deze processen in de winterperiode vrijwel niet optreden.

Bij het hergebruik van baggerspecie worden geen eisen gesteld aan de rijpingsgraad. Er gelden echter wel eisen t.a.v. de consistentie-index, welke een maat is voor het toegestane vochtgehalte bij bewerking. De consistentie-index is niet rechtstreeks te relateren aan de rijpingsgraad, aangezien deze tevens afhankelijk is van de plasticiteit-index (Attenbergse grenzen):

$$I_c = \frac{A_l - A_a}{A_l - A_p} = \frac{A_l - A_a}{I_p}$$

I_c = consistentie-index

A_l = vloeigrens (% ds)

A_p = uitrolgrens (% ds)

A_a = vochtgehalte (% ds)

I_p = plasticiteits-index

De consistentie-index is echter bij vrijwel geen van de uitgevoerde rijpingsproeven bepaald (met uitzondering van proefophoging de Slufter). Vooralsnog wordt ervan uitgegaan dat gerijpte en half gerijpte baggerspecie aan de gestelde eisen voor droog hergebruik voldoet (consistentie-index > 0.7). Dit betekent dat ervan kan worden uitgegaan dat bij de meeste specie-typen na 1 jaar een I_c waarde van 0,7 kan worden bereikt. Alleen bij matig en sterk humeuze klei (lutumgehalte > 25%) kan een langere procesduur, of een dunnere laagdikte nodig zijn.

Tabel 2.3 Literatuur praktijkvoorbeelden ontwatering, rijping en landfarming¹⁾

lokatie	bron	Z	L	H	specietype	dikte	tijds duur	bewerkingen	rijpingsgraad	opmerkingen
Slufter	Tauw, 1997	?	26-32	14	sterk humeus matig zandig of siltig	0-0.5	1	-	gerijpt	Betreft een slibdepot. De bovenste halve meter is gerijpt, de onderste halve meter is vrijwel gerijpt.
	Tauw, 1997					0.5-1	1	-	vrijwel gerijpt	
Groote lucht vak 4	GOBZH, 1998	80	6	2	zwak humeus zand	< 1	1	mechanisch	gerijpt	Gerijpt na 1.5 jaar
Zwardslootseweg	GOBZH, 1998	75	10	6	matig humeus, matig zandig	1	1	mechanisch	vrijwel gerijpt	
Zevenhuizen	GOBZH, 1998	70	12	16	sterk humeus, matig zandig	1	1	mechanisch	vrijwel gerijpt	
Groote lucht vak 1-3	GOBZH, 1998	55	18	14	sterk humeus, siltig	1	1	mechanisch	vrijwel gerijpt	Gerijpt na 1.5 jaar
Zuidbroek	GOBZH, 1998	45	20	35	venig	1.5	1	mechanisch	half gerijpt	Problemen met dichtslaan drainage
Callantsoog	TNO, 1997	70	-	6.4	Matig humeus, matig zandig	1.5	1	mechanisch + gewas in 2e seizoen	gerijpt	
Petroleumhaven	RIZA, 1997b			11	sterk humeus, siltig	1	2	mechanisch + gewassen	vrijwel gerijpt	In eerste zomerperiode vrijwel geen rijping (water op de velden). Aangebracht in juli. In voorjaar zijn sloten gegraven en is gewas ingezaaid. Het gewas sloeg op de zoute Wemeldinge- specie niet aan. Op de onbewerkte velden is de specie na 1.5 jaar half gerijpt
Wemeldinge (zout)	RIZA, 1997b			9	matig humeus, matig zandig	1	2	mechanisch + gewassen	vrijwel gerijpt	
Geulhaven	DHV, 1991 RIZA, 1997c		9	6	matig humeus, matig zandig	< 1	5	-	gerijpt	Slechte ontwatering in eerste 3 jaar. Daarna mechanische bewerking (diepwoelen, greppels e.d.) en inplanten van gewassen. Na deze behandelingen is de baggerspecie in 1.5 jaar gerijpt.
Zierikzee (zuot)	DHV, 1991 RIZA, 1997c		20	7	matig humeus, siltig	< 1	5	-	gerijpt	

1) Bij de meeste proefprojecten heeft tijdens de uitvoering weinig bewerking plaatsgevonden, of waren de depots niet optimaal aangelegd. Door de opgedane ervaring is meer inzicht ontstaan in de ontwaterings/rijpingsprocessen en kunnen in de toekomst betere resultaten worden behaald.

2.4 Afbraak organisch stof

Bij rijping en landfarming wordt door zuurstoftoetreding organisch stof afgebroken (geoxideerd). Het is een langzaam proces dat vele jaren duurt en sterk afhankelijk is van de aard van het organisch stof. Vers organisch stof zal in de beginfase vrij snel omgezet kunnen worden, maar organisch stof uit oudere, geconsolideerde specie zal veel minder snel worden afgebroken. De aard van organisch materiaal kan worden bepaald door de C:N-verhouding te bepalen. Vers organisch materiaal (planteresten) heeft een lage C:N verhouding. Naarmate vers organisch materiaal wordt "veraard" of oxideert neemt de hoeveelheid stikstof af (vorming van ammonium of nitraat), zodat de C:N verhouding oploopt.

Op basis van uitgevoerde rijpings/landfarmproeven is een omrekenfactor berekend voor de verschillende verwerkingsvarianten. Op basis van uitgevoerde onderzoeken kan geen onderscheid worden gemaakt tussen specie-typen. Er is bijvoorbeeld geen relatie met het initiële organisch stofgehalte of het lutumgehalte. De dataset bevat hiervoor te weinig gegevens (12 proeven, zie tabel 2.6), en te weinig variatie. Van de 12 experimenten zijn er 10 uitgevoerd met matig zandige en siltige baggerspecie (humeus of sterk humeus). Bij vrijwel alle experimenten is een depotdikte van ca 1 meter gebruikt.

In onderstaande tabel zijn de resultaten van deze praktijkproeven samengevat. Er blijkt nauwelijks verschil te zijn tussen de afbraak voor matig humeuze en sterk humeuze baggerspecie. Uit de uitgevoerde experimenten met zandige en siltige baggerspecie blijkt dat de afbraak van organisch stof in het eerste jaar gemiddeld 6% bedraagt, variërend van 28% afbraak tot 18% toename (N=8). Na 2 jaar bedraagt de gemiddelde afbraak 19% (N=5), variërend van -15% tot -31%. Na 3 jaar is de gemiddelde afbraak 25% (N=2).

De experimenten met andere typen baggerspecie bieden te weinig aanknopingspunten om afbraakpercentages op te baseren:

- Zandige baggerspecie met een laag organisch stofgehalte. Bij deze proef is een toename van het organisch stofgehalte gemeten van 38%.
- Venige baggerspecie (33% org stof). Bij dit experiment is na 1 jaar een afname van 3% gemeten. De baggerspecie is in deze periode niet gerijpt.

Tabel 2.4: afbraakpercentages organische stof bij rijping en landfarming ¹⁾

textuur	humus	1 jaar		2 jaar		3 jaar		5 jaar	
		aantal proeven	afbraak	aantal proeven	afbraak	aantal proeven	afbraak	aantal proeven	afbraak
zandig	zwak	1	+0.38	-	-	-	-	-	-
matig zandig/siltig	matig	5	-0.08	3	-0.15	1	-0.20	2	-0.58
matig zandig/siltig	sterk	3	-0.05	2	-0.25	1	-0.30	-	-
kleiig	nvt	-	-	-	-	-	-	-	-
venig	nvt	1	-0.03	-	-	-	-	-	-

¹⁾ Bij de meeste proefprojecten heeft tijdens de uitvoering weinig bewerking plaatsgevonden, of waren de depots niet optimaal aangelegd. Door de opgedane ervaring is meer inzicht ontstaan in de ontwaterings/rijpingsprocessen en kunnen in de toekomst betere resultaten worden behaald.

In tabel 2.5 zijn de maximale omrekenfactoren voor afbraak van organisch stof (bovengrens) weergegeven. Hierbij is ervan uitgegaan dat de sterkste afbraak plaats vindt bij matig zandige en siltige baggerspecie. Hierbij zijn de waarden gebaseerd op de praktijkexperimenten.

Er is geen onderscheid gemaakt in de afbraakpercentages bij het rijpen van 1 meter baggerspecie en het rijpen 0.5 meter. Reden hiervoor is dat bij vrijwel alle rijpingsexperimenten een depotdikte van ca 1 meter is genomen. Bovendien blijkt de daadwerkelijke dikte van het rijpingsdepot in de praktijk vaak tussen de 0.5 en 1 meter te bedragen (als deze al wordt gerapporteerd is het vaak onduidelijk of het de dikte na inbrengen of de dikte na rijpen betreft).

Voor humusarme zandige specie is een lager afbraakpercentage gehanteerd (ca de helft), ervan uitgaande dat het weinige humus in een dergelijke baggerspecie moeilijk afbreekbaar is.

Voor kleirijke specie is een lager percentage gehanteerd aangezien de rijping van deze specie langzamer verloopt (geringere beschikbaarheid van zuurstof). Voor venige baggerspecie is de afbraak van organisch stof op 0 gesteld (geen rijping), met uitzondering van 4 jaar landfarming (0-10% afbraak).

Tabel 2.5: Omrekenfactoren voor de afbraak organisch stof (fractie van initieel gehalte) bij rijping en landfarming

procesduur (jaren)	Rijpen 1 meter		Rijpen 0.5 meter		landfarming 0.5 meter	
	1	2	1	2	2	4
zwak humeus, zandig	0.95 - 1	0.9 - 1	0.95 - 1	0.9 - 1	0.9 - 1	0.8 - 0.9
matig/sterk humeus, zandig	0.85 - 0.95	0.75 - 0.9	0.85 - 0.95	0.75 - 0.9	0.75 - 0.9	0.6 - 0.8
matig/sterk humeus, matig zandig						
matig/sterk humeus siltig						
matig humeus, kleiig	1	0.90 - 1	1	0.90 - 1	0.90 - 1	0.8 - 0.9
sterk humeus, kleiig	1	1	1	1	1	0.9 - 1
venig						

(0): vrijwel geen afbraak van organisch stof, alleen (gedeeltelijke) ontwatering

Tabel 2.6 Literatuur praktijkvoorbeelden afbraak organisch stof bij ontwatering, rijping en landfarming

lokatie	bron	Z	L	H in	specietype	bewerking	laag dikte	tijds duur	H uit	verandering in org. stof	opmerkingen
Slufter	Tauw, 1997	?	29	14	sterk humeus matig zandig of siltig	rijpen	0-0.5	1	12	- 0.28	betreft een slibdepot. De bovenlaag (0-0.5) bevat minder lutum en org stof dan de onderlaag door het bezinkingsproces. Voor het "afbraakpercentage" is het gemiddelde van deze twee lagen genomen. Het initiële lutum en org. stofgehalte is bepaald op specie dat voor lab-rijpingsproeven is gebruikt
	Tauw, 1997					rijpen	0.5-1	1	8		
Groote lucht vak 4	GOBZH, 1998	80	6	2	zwak humeus zand	rijpen	< 1	1	3.5	0,39	hoger organisch stofgehalte dan na t = 0,5 jaar
Zwardslootseweg	GOBZH, 1998	75	10	6	matig humeus, matig zandig	rijpen	1	1	5	- 0.24	
								2	5	-0.15	
Zevenhuizen	GOBZH, 1998	70	12	16	sterk humeus, matig zandig	rijpen	1	1	19	0,18	
Groote lucht vak 1-3	GOBZH, 1998	55	18	14	sterk humeus, siltig	rijpen	1	1	13	- 0.04	
								2	9.4	-0.31	
Zuidbroek	GOBZH, 1998	45	20	33	venig	rijpen	1.5	1	34	0.03	t > 1.5 jaar: Afbraak = 16% (geen verdere afname)
Callantsoog	TNO, 1997	70	-	6.4	Matig humeus, matig zandig	landfarm	< 1	1		- 0.09	
								2	5.4	- 0.16	

lokatie	bron	Z	L	H in	specietype	bewerking	laag dikte	tijds duur	H uit	verandering in org. stof	opmerkingen
Petroleumhaven	RIZA, 1997b			11	sterk humeus, siltig	landfarm	1	1		- 0.20	In eerste zomerperiode vrijwel geen rijping (water op de velden). Aangebracht in juli. De eerste herfst/winter is bij de tijdsduur buiten beschouwing gelaten. In voorjaar zijn sloten gegraven en is gewas ingezaaid. Het gewas sloeg op de zoute Wemeldinge-specie niet aan.
Wemeldinge (zout)	RIZA, 1997b			9	matig humeus, matig zandig	landfarm	1	1		- 0.30	Op de onbewerkte velden is de specie na 1.5 jaar half gerijpt: Het organisch stofgehalte van de bovenlaag is lager dan van de onderlaag, hetgeen een spreiding in afbraakfactoren voor onbewerkte specie geeft:
								2		- 0.15	Petroleumhaven : 0 - -0.12
										- 0.20	Wemeldinge : 0 - -0.10
Geulhaven	DHV, 1991			6.2	zwak humeus, matig zandig	rijpen/landfarm	< 0.5	1	3.9	-0.37	Initieel organisch stofgehalte gerapporteerd in DHV 1991, POSWIL, (1 analyse van een mengmonster na ontwatering). Geen zeefkromme bekend. In RIZA 1997b is lutumgehalte gerapporteerd.
	RIZA, 1997c		8		idem	rijpen/landfarm	< 0.5	5	3.05	- 0.50	Afbraak na 1 jaar is voor bewerkte velden.
Zierikzee (zout)				7.1	matig humeus, siltig	rijpen/landfarm	< 0.5	1	5.4	-0.37	Beide specietypen zijn slecht ontwaterd in eerste 3 jaar. Daarna mechanische bewerking (diepwoelen 1994, greppels e.d.) en inplanten van gewassen.
	RIZA, 1997c		20		idem	rijpen/landfarm	< 0.5	5	2.4	-0.66	
van Zeijl	De Straat, 1998			5.7	matig humeus matig zandig	rijpen	0.5	1	5.2	- 0.09	H uit is van gerijpte bovenlaag (0-50 cm). In de lagen 0.5-1 en 1-1.5 zijn hogere organisch stofgehalten gemeten, hetgeen een toename van het organisch stofgehalte oplevert (ca +10%)
											gebaseerd op verschil tussen bovenlaag en onderlaag kan een afbraakpercentage van -0.17 worden berekend
Groote Lucht	De Straat, 1998			13	sterk humeus, siltig	rijpen	1	?	13	- 0.01	H in betreft "in situ" gehalten (2 stuks). Onduidelijk is na hoeveel tijd het depot is bemonsterd. H-uit is gelijk aan gehalte dat bij het GOBZH-onderzoek is gemeten (vak 1-3).

2.5 Afbraak van minerale olie en PAK

In geoxideerde baggerspecie kunnen minerale olie en PAK micro-biologisch worden afgebroken. Het afbraakproces is van een groot aantal factoren afhankelijk. De omrekenfactoren worden opgesteld per verwerkingsvariant en type specie. Daarnaast zijn er nog een aantal factoren die van invloed zijn, zoals:

- 2) Aard van de organische verbindingen. Naarmate de koolstofmoleculen groter zijn verloopt de afbraak trager. Dit wordt slechts ten dele verwerkt door de omrekenfactoren per stof op te stellen. Er wordt echter geen onderscheid gemaakt tussen lichte olie of zware olie aangezien deze gegevens niet in de basisbestanden (Waboos) zijn opgenomen. Wel kan bij de PAK-afbraak een onderscheid worden gemaakt in verbindingen met 2/3, 4 of 5/6 koolstofringen.
- 3) Initiele concentratie. Deze wordt opgenomen door voor een lage norm een ander afbraakpercentage te hanteren dan voor een hoge norm (zie voetnoot 6)
- 4) Aanwezigheid van discrete teerdeeltjes en "aging" (adsorptie in kleimoleculen of opname in humus). Deze factoren worden niet gekwantificeerd, maar worden verwerkt in een onzekerheidsmarge.

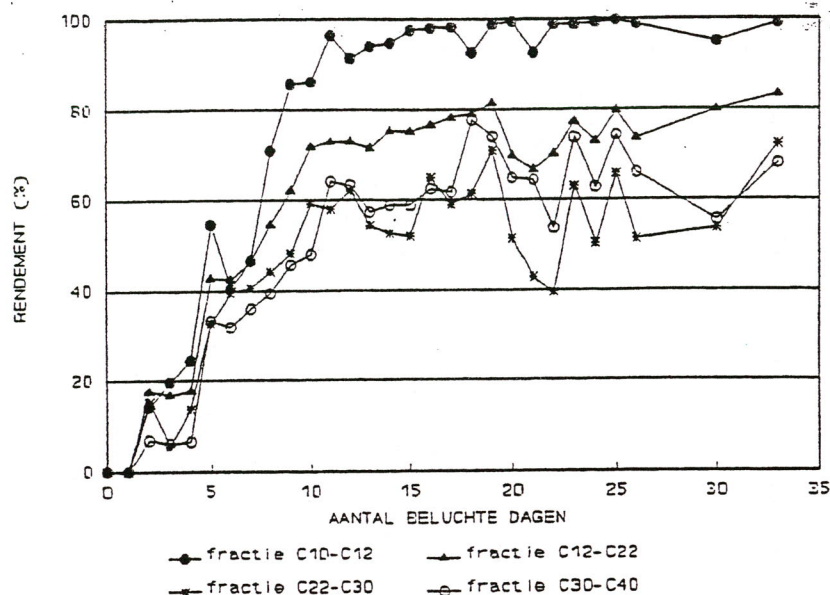
2.5.1 Minerale olie

De biologische afbraak van minerale olie verloopt over het algemeen goed. Bij veel experimenten met rijping en landfarming kan de grenswaarde van 500 mg/kg van het Bouwstoffenbesluit worden bereikt (GOBZH, 1997). Het bereiken van de streefwaarde wordt echter, net als bij biologische reiniging van zandbodems, meestal niet bereikt.

De olieafbraak vertoont een exponentieel verloop, waarbij soms een initiële stijging kan optreden. De afbraak vangt aan wanneer zuurstof kan toetreden en bacteriepopulaties kunnen groeien. De lichte oliefractie (C2-C12) wordt sneller afgebroken dan de zware olie (C30-C40). Aangezien in de Waboos-bestanden van waterbodem-analyses niet de afzonderlijke olie-fracties zijn opgenomen, wordt hiermee in de beslisboom geen rekening gehouden.

Het exponentiele verloop van de olie-afbraak is goed geïllustreerd met experimenten met baggerspecie uit de Petroleumhaven in een bio-reactor (figuur 1). Aangezien in een bioreactor een zeer gunstige procescondities (menging en beschikbaarheid van zuurstof) kan worden gerealiseerd, verloopt de afbraak veel sneller dan bij rijping/landfarming. Ook bij landfarm-experimenten is dit exponentiele verloop zichtbaar, zoals bijvoorbeeld is aangetoond bij landfarming-experimenten met baggerspecie uit de Petroleumhaven.

Bij praktijkexperimenten kan een verschil ontstaan tussen de onder- en bovenlaag van een depot. Door bewerking (omzetten, ploegen) kan dit verschil worden opgeheven.



Figuur 1. Verloop afbraakrendementen voor olie (batchproeven bioreactor met specie uit petroleumhaven, RIZA, 1997)

In onderstaande tabel zijn de afbraakfactoren voor minerale olie weergegeven bij de diverse praktijkexperimenten. Er is een duidelijk effect waarneembaar van de procesduur. Bij vrijwel alle experimenten vindt de meeste afbraak in het eerste jaar plaats. Er zijn echter vrijwel geen afbraakpercentages bekend van proeven met een doorlooptijd langer dan 2 jaar. Naar verwachting is de afbraak na 2 jaar beperkt, aangezien reeds het merendeel van de minerale olie is omgezet (veelal tot onder de grenswaarde uit het Bouwstoffenbesluit)..

De afbraakpercentages die bij praktijkexperimenten worden behaald blijken enige spreiding te vertonen, welke te correleren valt met het initiële gehalte. In tabel 2.7 zijn de afbraak percentages weergegeven in relatie tot het begingehalte. Het aantal proeven waarop deze cijfers zijn gebaseerd is echter zeer beperkt.

Er is geen relatie aantoonbaar tussen het afbraakpercentage en type baggerspecie. Er zijn vrijwel alleen gegevens bekend van siltige en matig zandige baggerspecie. De venige specie en zandige specie die in de proeven van GOBZH zijn getest bevatten een zeer laag oliegehalte, hetgeen vermoedelijk de oorzaak is van de geringe afbraak die is gemeten.

De verwachting is dat in zandige specie de afbraak veel sneller verloopt dan in kleiige baggerspecie, door het verschil in doorlatendheid/zuurstoftoetreding. De lagere afbraak bij kleiige grond en venige grond is wel bekend uit de grondreiniging (landbodems).

Tabel 2.7: *afbraakpercentages olie in relatie tot het initieel oliegehalte*

initieel oliegehalte (mg/kg)	1 jaar		2 jaar		5 jaar	
	aantal proeven	afbraak (%)	aantal proeven	afbraak (%)	aantal proeven	afbraak (%)
0 - 500	2	28				
500 - 1000	3	34	2	54	1	66
1000 - 5000	2	62	1	67		
> 5000	3	63	1	72	1	96

Bij veel experimenten wordt uiteindelijk een restgehalte aan olie bereikt van minder dan 500 mg/kg. De streefwaarde wordt echter vrijwel nooit bereikt. Daarom wordt in de beslisboom het "produceren" van baggerspecie met een oliegehalte beneden de streefwaarde uitgesloten. Dit kan door de omrekenfactor voor de streefwaarde op 1 te stellen.

Voor de omrekening van de grenswaarde uit het Bouwstoffenbesluit worden twee omrekenfactoren gehanteerd:

- pessimistisch scenario: hiervoor wordt een omrekenfactor gehanteerd die wordt bereikt bij gehaltenes < 1000 mg/kg
- optimistisch scenario: omrekenfactor die geldig is voor baggerspecie met een oliegehalte van > 1000 mg/kg.

De afbraakpercentages voor alle zandige, matig zandige en siltige baggerspecie zijn gelijk gesteld, aangezien uit de beschikbare gegevens geen duidelijke relatie blijkt. Gegevens voor kleiige en venige baggerspecie ontbreken en zijn indicatief ingevuld.

Tabel 2.8: *Omrekenfactoren voor de afbraak van olie (fractie van initieel gehalte) bij rijping en landfarming*

procesduur	Rijpen 1 meter		Rijpen 0.5 meter		landfarming 0.5 meter	
	1	2	1	2	2	4
zwak humeus, zandig matig humeus, zandig matig humeus, matig zandig matig humeus siltig	0.5 - 0.7	0.3 - 0.5	0.5 - 0.7	0.3 - 0.5	0.3 - 0.5	0.1 - 0.4
matig humeus, kleiig sterk humeus, kleiig	1	0.7 - 0.9	1	0.7 - 0.9	0.7 - 0.9	0.6 - 0.8
venig	1	1	1	1	1	0.7 - 1

Tabel 2.9 Literatuur praktijkvoorbeelden afbraak minerale olie bij ontwatering, rijping en landfarming

lokatie	bron	Z	L	H in	specietype	bewerking	laag dikte	tijds duur	olie in	olie uit	omrekenfac toren	opmerkingen
Slufter	Tauw, 1997	?	29	14	sterk humeus matig zandig of siltig	rijpen	0-0.5	1	5700	2200	- 0.78	betreft een slibdepot. De bovenlaag (0-0.5) bevat minder lutum en org stof dan de onderlaag door het bezinkingsproces. Het afbraakpercentage lijkt hoger voor de onderlaag. Vermoedelijk heeft deze laag echter een lager oliegehalte gehad. Voor het "afbraakpercentage" is het gemiddelde van deze twee lagen genomen. Het initiele oliegehalte is bepaald op specie dat voor lab-rijpingsproeven is gebruikt
	Tauw, 1997					rijpen	0.5-1	1		350		
Groote lucht vak 4	GOBZH, 1998	80	6	2	zwak humeus zand	rijpen	1	1	135	110	- 0.18	
Zwardslootseweg	GOBZH, 1998	75	10	6	matig humeus, matig zandig	rijpen	1	1	660	425	- 0.36	
								2		305	- 0.54	
Zevenhuizen	GOBZH, 1998	70	12	16	sterk humeus, matig zandig	rijpen	1	1	1015	340	- 0.66	
Groote lucht vak 1-3	GOBZH, 1998	55	18	14	sterk humeus, siltig	rijpen	1	1	800	350	- 0.56	meting september (gehalte in augustus was lager)
								2		370	- 0.54	
Zuidbroek	GOBZH, 1998	45	20	33	venig	rijpen	1.5	1	390	240	- 0.38	
Callantsoog	TNO, 1997	70	-	6.4	Matig humeus, matig zandig	landfarm	< 1	1	-		-	olie niet gemeten

lokatie	bron	Z	L	H in	specietype	bewerking	laag dikte	tijds duur	olie in	olie uit	omrekenfac toren	opmerkingen
Petroleumhaven	RIZA, 1997b			11	sterk humeus, siltig	landfarm	1	1	10936	6000	- 0.45	In eerste zomerperiode vrijwel geen rijping, (water op de velden). Aangebracht in juli. Deze eerste herfst/winter is niet in de tijdsduur opgenomen. In daaropvolgend voorjaar zijn sloten gegraven en is gewas ingezaaid. Het gewas sloeg op de zoute Wemeldinge-specie niet aan.
								2		3100	- 0.72	
Wemeldinge (zout)	RIZA, 1997b			9	matig humeus, matig zandig	landfarm	1	1	2216	950	- 0.57	Weergegeven afbraak is voor bewerkte velden. Op de onbewerkte velden is de specie na 2 jaar half gerijpt. In de bovenlaag heeft meer afbraak plaatsgevonden. De afbraakfactoren na 2 jaar voor onbewerkte specie zijn Petroleumhaven : 0.17 tot 0.57 Wemeldinge: 0.35 tot 0.51
								2		719	- 0.68	
Geulhaven	DHV, 1991			6.2	Matig humeus, matig zandig	rijpen/landfarm	< 0.5	0,5	8100	4927	-0.39	Weergegeven afbraak is voor bewerkte velden. Op de onbewerkte velden is de afbraak na 1 jaar - 0.67
								1		1564	- 0.81	
	RIZA, 1997c		8		idem	rijpen/landfarm	< 0.5	4		450	- 0.94	
								5		303	- 0.96	
Zierikzee (zout)	DHV, 1991			7.1	matig humeus, siltig	rijpen/landfarm	< 0.5	1	700	628	- 0.10	olie niet genalyseerd door DHV. Gehaltes zijn wel gerapporteerd in RIZA 1997c
	RIZA, 1997c		20		idem	rijpen/landfarm	< 0.5	5		241	- 0.66	

2.5.2

PAK

De afbraak van PAK vertoont, net als voor olie en organisch stof, veelal een asymptotisch verloop. Ook de biologische afbraak van PAK blijkt meestal te stagneren op een niveau dat boven de streefwaarde ligt. Meestal kan de grenswaarde uit het Bouwstoffenbesluit wel worden bereikt.

De biologische afbraak van PAK blijkt gerelateerd te zijn aan de "keten-grootte", oftewel het aantal koolstofringen. Hierbij kan onderscheid worden gemaakt in een drietal groepen: "2 en 3 ringen", "4 ringen" en "5 en 6 ringen".

Tabel 2.10.: Indeling van PAK (16) op basis van aantal koolstofringen

2 - 3 ringen	4 ringen	5 en 6 ringen
Naftaleen antraceen Fenantreen Fluoranteen Acenaftyleen Acenaftteen Fluoreen	Benzo(a)antraceen Chryseen Benzo(k)fluoranteen Pyreen Benzo(b)fluoranteen	Benzo(a)pyreen Benzo(ghi)peryleen indeno(1,2,3-cd)pyreen dibenzo(ah)antraceen

In tabel 2.11 zijn de afbraakpercentages weergegeven voor de verschillende PAK-verbindingen, welke zijn behaald met een bioreactor (specie uit de Lange Vliet te Callantsoog). Ook bij landfarmexperimenten zijn deze verschillen in PAK-afbraak waargenomen.

tabel 2.11.: samengevatte resultaten biodegradatieproef Lange Vliet (bron: TNO,1997)

	Behandelingstijd (dagen)						
	7	14	29	77	156	181	209
	Afbraak (%)						
laagmoleculair (3-rings)	14	26	49	58	76	72	74
middenmoleculair (4-rings)	0	9	29	26	49	51	44
hoogmoleculair (5,6-rings)	0	7	20	15	29	15 ^{vv}	0
totaal-PAK	3	15	34	35	64	51	45

Bij praktijkexperimenten kan een verschil ontstaan tussen de onder- en bovenlaag van een depot. Door bewerking (omzetten, ploegen) kan dit verschil worden opgeheven.

In onderstaande tabel zijn de afbraakfactoren voor PAK weergegeven bij de diverse praktijkexperimenten. Er is een duidelijk effect waarneembaar van de procesduur. Bij vrijwel alle experimenten vindt de meeste afbraak in het eerste jaar plaats. Er zijn echter vrijwel geen afbraakpercentages bekend van proeven met een doorlooptijd langer dan 2 jaar. Naar verwachting is de afbraak na 2 jaar beperkt, aangezien reeds het merendeel van de PAK is omgezet (veelal tot onder de grenswaarde uit het Bouwstoffenbesluit). In tabel 2.12 staan de afbraakpercentages weergegeven per duurtijd en per PAK-groep. Vanwege de grote spreiding in de bepalingen van de hoogmoleculaire PAK-groep (zie tabel 2.16) en het feit dat de hoogmoleculaire PAK slecht afbreekbaar is (TNO, 1997), is de afbraak voor deze groep op 0 % gesteld. Voor de doorlooptijd van 5 jaar waren onvoldoende gegevens beschikbaar om de afbraakpercentages per PAK-groep te verkrijgen.

Tabel 2.12: afbraakpercentages PAK (met onderscheid naar molecuulgroep) in relatie tot tijdsduur

tijdsduur	1 jaar		2 jaar		5 jaar	
	aantal proeven	afbraak (%)	aantal proeven	afbraak (%)	aantal proeven	afbraak (%)
2-3 ring	11	34	6	55	2	-
4 ring	11	23	6	29	2	-
5-6 ring	11	0	6	0	2	-
PAK10	11	17	6	41	2	91

Er is geen relatie tussen het initieel gehalte en afbraaksnelheid aangetoond.

Er is geen duidelijke relatie aantoonbaar tussen het afbraakpercentage en type baggerspecie. Er zijn vrijwel alleen gegevens bekend van siltige en matig zandige baggerspecie. De venige specie die in de proeven van GOBZH is getest vertoonde een lagere afbraaksnelheid dan de zandige specie.

De verwachting is dat in zandige specie de afbraak veel sneller verloopt dan in kleiige baggerspecie, door het verschil in doorlatendheid/zuurstoftoetreding.

Bij alle experimenten wordt uiteindelijk een restgehalte aan PAK bereikt van minder dan 40 mg/kg. 2/3 van de proeven heeft echter reeds een initieel PAK-gehalte van minder dan 40 mg/kg. De streefwaarde wordt vrijwel nooit bereikt. Daarom wordt in de beslisboom het "produceren" van baggerspecie met een PAKgehalte beneden de streefwaarde vrijwel uitgesloten. Dit kan door de omrekenfactoren voor de streefwaarde op 1 te stellen. Hierdoor kan alleen baggerspecie met een initieel PAK(VROM) gehalte < streefwaarde als categorie 0 bouwstof worden hergebruikt.

De afbraakpercentages voor alle zandige, matig zandige en siltige baggerspecie zijn gelijk gesteld, aangezien uit de beschikbare gegevens geen duidelijke relatie blijkt.

Gegevens voor kleiige en venige baggerspecie ontbreken en zijn indicatief ingevuld.

In tabel 2.13 staan de omrekenfactoren voor de afbraak van PAK-10 vermeld. In de tabellen 2.14 en 2.15 staan de omrekenfactoren gespecificeerd voor de laagmoleculaire en middenmoleculaire PAK. Vanwege de hoge spreiding in waarden van de hoogmoleculaire PAK bij de afzonderlijke waarnemingen (zie tabel xx) zijn voor de beslisboom de omrekenfactoren betreffende hoogmoleculaire PAK op 1 gesteld.

Tabel 2.13.: Omrekenfactoren voor de afbraak van PAK-10 (fractie van initieel gehalte) bij rijping en landfarming

procesduur	Rijpen 1 meter		Rijpen 0.5 meter		landfarming	
	1	2	1	2	2	4
zwak humeus, zandig matig humeus, zandig matig humeus, matig zandig matig humeus siltig	0.7-0.9	0.5-0.7	0.7-0.9	0.5-0.7	0.5-0.7	0.05-0.15
matig humeus, kleiig sterk humeus, kleiig	1.0	0.9-1.0	1.0	0.9-1.0	0.9-1.0	0.8-1.0
venig	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

Tabel 2.14.: Omrekenfactoren voor de afbraak van laagmoleculaire PAK (2/3 ring) bij rijping en landfarming

procesduur	Rijpen 1 meter		Rijpen 0.5 meter		landfarming	
	1	2	1	2	2	4
zwak humeus, zandig matig humeus, zandig matig humeus, matig zandig matig humeus siltig	0.6-0.8	0.35-0.55	0.6-0.8	0.35-0.55	0.35-0.55	0.05-0.15
matig humeus, kleiig sterk humeus, kleiig	1.0	0.9-1.0	1.0	0.9-1.0	0.9-1.0	0.8-1.0
venig	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

Tabel 2.15.: Omrekenfactoren voor de afbraak van middenmoleculaire PAK (4-ring) bij rijping en landfarming

procesduur	Rijpen 1 meter		Rijpen 0.5 meter		landfarming	
	1	2	1	2	2	4
zwak humeus, zandig matig humeus, zandig matig humeus, matig zandig matig humeus siltig	0.7-0.9	0.6-0.8	0.7-0.9	0.6-0.8	0.6-0.8	0.05-0.15
matig humeus, kleiig sterk humeus, kleiig	1.0	0.9-1.0	1.0	0.9-1.0	0.9-1.0	0.8-1.0
venig	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

Bij de berekening van de gemiddelde omrekenfactor voor zwak humeus, zwak zandig etc. bij een tijdsduur van 1 jaar zijn 2 tabeluitslagen niet in de berekening opgenomen, te weten: Petroleumhaven, vanwege de afwijkend hoge initiële gehalten en Geulhaven vanwege de afwijkend lage omrekenfactor die waarschijnlijk te wijten valt aan de geringe laagdikte.

Tabel 2.16 Literatuur praktijkvoorbeelden afbraak PAK olie bij ontwatering, rijping en landfarming

lokatie	bron	Z	L	H in	specietype	bewerking	laag dikte	tijds duur	PAK in	PAK uit	omrekenfactoren				opmerkingen
											2-3 ringen	4 ringen	5-6 ringen	PAK 10	
Slufter	Tauw, 1997	?	29	14	sterk humeus matig zandig of siltig	rijpen	0-0.5	1	9.1	6.0	0.52	0.68	1.13	0.66	betreft een slibdepot. De bovenlaag (0-0.5) bevat minder lutum en org stof dan de onderlaag door het bezinkingsproces.
	Tauw, 1997					rijpen	0.5-1	1	9.1	3.7	0.32	0.46	0.63	0.41	Het afbraakpercentage lijkt hoger voor de onderlaag. Vermoedelijk heeft deze laag echter een lager PAKgehalte gehad. Voor het "afbraakpercentage" is het gemiddelde van deze twee lagen genomen. Het initiele PAK-gehalte is bepaald op specie dat voor lab-rijpingsproeven is gebruikt
Groote lucht vak 4	GOBZH, 1998	80	6	2	zwak humeus zand	rijpen	1	1	11.4	10.0	0.8	0.85	1.1	0.88	
Zwaardslootseweg	GOBZH, 1998	75	10	6	matig humeus, matig zandig	rijpen	1	1	3.6	4.0	0.54	0.93	1.2	1.1	
								2	3.6	2.6	0.38	0.61	1.1	0.72	
Zevenhuizen	GOBZH, 1998	70	12	16	sterk humeus, matig zandig	rijpen	1	1	47.9	36.7	0.98	0.69	0.88	0.77	
Groote lucht vak 1-3	GOBZH, 1998	55	18	14	sterk humeus, siltig	rijpen	1	1	20.2	27.2	0.94	0.96	1.9	1.35	meting september (gehalte in augustus was lager)
								2	20.2	18.0	0.91	1.56	1.44	0.89	
Zuidbroek	GOBZH, 1998	45	20	33	venig	rijpen	1.5	1	39.7	33.2	0.77	0.75	0.81	0.84	

lokatie	bron	Z	L	H in	specietype	bewerking	laag dikte	tijds duur	PAK in	PAK uit	omrekenfactoren				opmerkingen
											2-3 ringen	4 ringen	5-6 ringen	PAK 10	
Callantsoog_5c	TNO, 1997	70	-	6.4	Matig humeus, matig zandig	landfarm	< 1	0,5	18	18	1,13	0,93	0,89	1	
								1		16	0,78	0,96	1	0,89	
								2		11	0,56	0,64	0,72	0,61	
Callantsoog-genmiddeld	TNO, 1997	70	-	6.4	Matig humeus, matig zandig	landfarm	<1	0,5	17,5	14				0,8	
Petroleumhaven	RIZA, 1997b			11	sterk humeus, siltig	landfarm	1	1		17,5				1	
								2		12				0,69	
Wemeldinge (zout)	RIZA, 1997b			9	matig humeus, matig zandig	landfarm	1	1	533	39	0.04	0.12	0.44	0.07	In eerste zomerperiode vrijwel geen rijping, (water op de velden). Aangebracht in juli. Deze eerste herfst/winter is niet in de tijdsduur opgenomen. In daaropvolgend voorjaar zijn sloten gegraven en is gewas ingezaaid. Het gewas sloeg op de zoute Wemeldinge-specie niet aan. Weergegeven afbraak is voor bewerkte velden. Op de onbewerkte velden is de specie na 2 jaar half gerijpt. In de bovenlaag heeft meer afbraak plaatsgevonden.
								2		52	0.36	0.62	0.85	0.56	
Geulhaven	DHV, 1991			6.2	Matig humeus, matig zandig	rijpen/land- farm	< 0.5	0,5	71.1	16.9	0.15	0.33	0.50	0.23	Weergegeven afbraak is voor bewerkte velden.
								1	71.1	10.48	0.08	0.16	0.54	0.15	

lokatie	bron	Z	L	H in	specietype	bewerking	laag dikte	tijds duur	PAK in	PAK uit	omrekenfactoren				opmerkingen
											2-3 ringen	4 ringen	5-6 ringen	PAK 10	
	RIZA, 1997c		8		idem	rijpen/land- farm	< 0.5	4	71.1	4				0.06	
								5	71.1	3.65				0.05	
Zierikzee (zout)	DHV, 1991			7.1	matig humeus, siltig	rijpen/land- farm	< 0.5	1	113	29.4	0.32	0.65	0.59	0.47	
	RIZA, 1997c		20		idem	rijpen/land- farm	< 0.5	5	113	16				0.14	

2.6 Uitspoeling van zouten

Voor hergebruik van gerijpte baggerspecie blijken sulfaat, fluoride, chloride en bromide kritische parameters te zijn (laatste 3 voor brak- en zoutwater specie, Tauw, 1997). Voor deze stoffen ligt de uitloging vaak boven de norm voor categorie I bouwstoffen. Aangezien bromide en fluoride echter vrijwel nooit worden geanalyseerd in baggerspecie, en mede daardoor ook weinig inzicht is in de processen die optreden bij bewerking, worden deze parameters niet in de beslisboom opgenomen. Er wordt impliciet vanuit gegaan dat wanneer voor chloride en sulfaat wordt voldaan aan de hergebruiksnormen, ook de gehalten/uitloging van bromide en fluoride geen probleem zullen vormen.

Ook het chloride en sulfide gehalte wordt vrijwel nooit geanalyseerd in "in situ" baggerspecie. Het achterwege laten van deze parameters zou echter een te grote beperking van de toepasbaarheid van de beslisboom opleveren. Voor deze stoffen wordt getracht om wel omrekenfactoren op te nemen, zodat de gebruiker op basis van een geschat chloride/sulfide gehalte kan nagaan of deze stoffen tot problemen bij de afzet van (al dan niet bewerkte) baggerspecie kunnen leiden.

Bij de rijping en landfarming kunnen zouten als chloride, fluoride, bromide en sulfaat in het poriewater percoleren en worden afgevoerd met het drainwater of greppels. Het afvoeren van zouten met het overtollige water na het opspuiten van het depot (sedimentatiefase) wordt bij het onderdeel "Baggeren en transport" opgenomen.

De mate van afvoer van chloride en sulfaat tijdens de rijping hangt direct samen met de mate van doorspoeling met regenwater. Bij zandige, matig zandige en siltige baggerspecie kan de percolatie van water een belangrijke rol spelen. Bij klei- en humusrijke baggerspecie is de percolatie en daarmee de uitspoeling van zouten beperkter. Bij deze specie-typen zal een groter gedeelte van het water uit de baggerspecie door verdamping worden afgevoerd. Door verdamping nemen de zoutconcentraties in het poriewater juist toe, waardoor een seizoens-effect kan optreden (in zomer hogere gehalten dan in de winter).

2.6.1 Uitspoeling van chloride

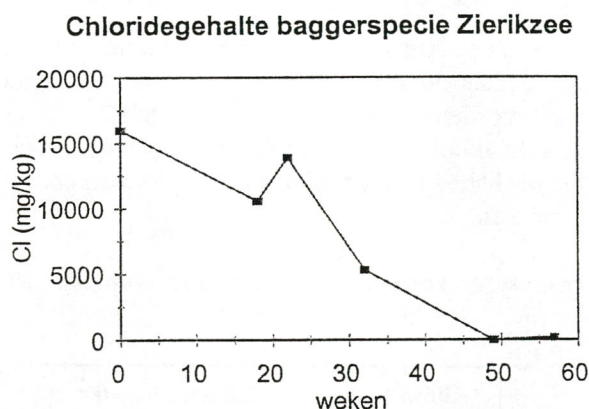
Voor zoetwaterspecie wordt ervan uitgegaan dat het chloridegehalte (en -uitspoeling) geen knelpunt vormt voor de hergebruiksmogelijkheden. Uit onderzoek aan 11 partijen gerijpte baggerspecie bleek dat met name bij brakke en zoute specie een overschrijding van de norm op kan treden.

Ook bij het rijpingsonderzoek door GOBZH in 1998 is het chloridegehalte of-uitloging bepaald. Bij deze typen zoete baggerspecie bleek de uitloging van chloride beneden de grenswaarde voor categorie I bouwstoffen te liggen (tabel 2.17).

Voor brakke en zoute baggerspecie zijn wel overschrijdingen van de uitloognorm geconstateerd. De chloridegehalten van de gerijpte baggerspecie zullen gerelateerd zijn aan de waterbalans van het rijpingsdepot (hoeveelheid gepercoleerd water in relatie tot het initiele vochtgehalte). Bij de uitgevoerde

proefprojecten is echter weinig bekend van de "waterbalans" van de depots. Alleen bij de proefprojecten met baggerspecie uit Wemeldinge en de Petroleumhaven (Harmsen 1997) is een waterbalans opgesteld. Hieruit bleek dat ca 30% van de neerslag door percolatie naar het drainagesysteem is afgevoerd. De gepercoleerde hoeveelheid in dit jaar kwam neer op ca 50% van de hoeveelheid water die initieel in de baggerspecie aanwezig was. Dit zou betekenen dat na 2 jaar de chloridegehalten tot beneden de streefwaarde gedaald kunnen zijn. In de praktijk blijkt echter de uitspoeling van chloride langzamer te verlopen. Na 2 jaar is in de laag 0-50 cm ca 50% van het chloride uitgespoeld. Daaronder zijn de gehalten echter vrijwel niet gedaald. Een mogelijke oorzaak voor de beperkte chloride-uitspoeling is de vorming van kripscheuren, waardoor het drainwater ten dele neerslagwater betreft dat snel door het slibdepot is gepercoleerd (preferente stroombanen).

Bij de proeven met baggerspecie uit de Geulhaven (zoet) en Zierikzee (zout) is na één jaar het chloridegehalte gedaald tot < 20 mg/kg (DHV, 1991). Bij deze rijpingsproeven is een zeer beperkte laagdikte gebruikt (ca 30cm), waardoor de uitspoeling van chloride duidelijk wordt bevorderd. In figuur 2 is de afname van het chloridegehalte weergegeven van de zoute specie uit Zierikzee.



Figuur 2. Afname chloridegehalte bij rijping baggerspecie uit Zierikzee (depotdikte ca 30cm)

Bij het onderzoek met baggerspecie bij de Slufter (Tauw, 1997), bleek dat na 1 jaar de uitloging nog steeds boven de grenswaarde voor categorie I bouwstoffen lag (depot-dikte ca 1 meter).

Tabel 2.17. Chloridegehalten en -uitloging bij praktijkproeven

		baggerspecie	0,5 jaar	1 jaar	2 jaar
Groote lucht 4	GOBZH, 1998	< 15		nb	
Zuidbroek	GOBZH, 1998	675 (640)		(617)	
Zevenhuizen	GOBZH, 1998	160		nb	
Petroleumhaven ¹⁾	DLO, 1997	3360		ca 5000	ca 2000
Wemeldinge ¹⁾	DLO, 1997	15200		ca 10.000	ca 8000
Geulhaven	DHV, 1991	6600	231	< 20	
Ziekikzee	DHV, 1991	16000	5545	< 20	
Slufter	Tauw, 1997	?		(2280)	

(...) betreft uitloging i.p.v. samenstelling

¹⁾ gehalten gemeten in de bovenlaag (0-50 cm)

Berekening van het gehalte (en uitloging) van chloride na de bewerking is theoretisch wel mogelijk, maar door de veelheid aan factoren waarmee rekening gehouden moet worden te complex om in de beslisboom op te nemen (doorlatendheid, dikte slibpakket, initieel vochtgehalte, seizoenseffect en initiele gehalten). In de beslisboom worden voornamelijk de volgende omrekenfactoren opgenomen

Tabel 2.18. Omrekenfactoren voor de uitspoeling van chloride bij rijping en landfarming

procesduur	Rijpen 1 meter		Rijpen 0.5 meter		landfarming	
	1	2	1	2	2	4
zwak humeus, zandig	0.75	0.5	0.75	0.5	0.5	0
matig humeus, zandig						
matig humeus, matig zandig						
matig humeus siltig						
matig humeus, kleiig	0.9	0.75	0.9	0.75	0.75	0.5
sterk humeus, kleiig						
venig	0.9	0.8	0.9	0.8	0.8	0.7

Indien het chloridegehalte van de baggerspecie niet bekend is kunnen in de beslisboom de volgende criteria worden opgenomen:

- 1) Baggerspecie uit zoete milieu's voldoet altijd aan grenswaarde van categorie I bouwstof;
- 2) Zandige en siltige baggerspecie uit zoute en brakke milieu's voldoet na 4 jaar rijping/landfarming aan grenswaarde van categorie I bouwstof.

Bij kortere rijpingstijden is de specie alleen bruikbaar in zoute milieu's;

2.6.2 Oxidatie van sulfide en uitspoeling van Sulfaat

De sulfaatuitspoeling zal pas op gang komen nadat zuurstof kan toetreden en sulfiden worden omgezet. Daarom is voor de sulfaatuitspoeling, naast de waterbalans, tevens de snelheid van de omzettingsreactie van sulfide naar sulfaten van belang. In de niet-gerijpte toestand zal de uitloging van sulfaat beperkt zijn. Na enkele weken start de sulfide-oxidatie en kan uitloging optreden.

Het sulfidegehalte van nederlandse (water)bodems blijkt meestal tussen 5.000 en 15.000 mg/kg te liggen. Er blijkt geen verschil te zijn tussen zoete en zoute baggerspecie (Tauw, 1997). Zandige baggerspecie bevat meestal minder zwavel dan kleiige en venige baggerspecie. Bij onderzoek door GOBZH in 1998 zijn veel lagere sulfidegehalten gemeten in de baggerspecie (tabel 2.18). Gezien de grote hoeveelheid sulfaat in de gerijpte baggerspecie kan echter worden geconcludeerd dat bij dit onderzoek geen totaal-sulfide gehalte is bepaald.

De omzetting van sulfide naar sulfaat verloopt vrij langzaam, waardoor in gerijpte baggerspecie een deel van het zwavel nog in sulfide-vorm aanwezig is. Naar verwachting ligt het omzettingspercentage rond de 50%, maar bij langdurige rijping/landfarming kan dit percentage verder toenemen. Indien het zwavelgehalte van baggerspecie wordt bepaald middels de AVS-techniek (Acid Volatile Sulfides) moet een hoger omzettingspercentage worden gehanteerd, aangezien met deze techniek slechts een deel van het aanwezige zwavel wordt bepaald (in zuur oplosbare metaalsulfiden). In het rapport "Klei uit baggerspecie, deel 6" wordt een omzettingspercentage van 80% gehanteerd.

Uit praktijkonderzoek blijkt dat bij een kolomtest 50 - 110 % van het aanwezige sulfide daadwerkelijk uitlooft. Uitgegaan kan worden van een gemiddelde van 70% van het aanwezige sulfaat (DWW, 1997: Klei uit baggerspecie deel 2).

Het gevormde sulfaat kan ten dele tijdens de rijping uitspoelen. De uitspoeling wordt echter beperkt doordat het sulfaat in de gereduceerde onderlaag van een rijpingsdepot weer als sulfide neerslaat. Er zijn geen praktijkgegevens van de uitspoeling van sulfaat tijdens de rijping beschikbaar.

In tabel 2.19 is van enkele experimenten het sulfaatgehalte en de sulfaatuitloging weergegeven in gerijpte baggerspecie. Bij alle specietypen ligt

de sulfaatuitspoeling boven de grenswaarde voor categorie I bouwstoffen (zowel voor zoete als voor zoute toepassingsgebieden). Het aantal meetgegevens is echter zeer beperkt. In het rapport "Klei uit baggerspecie, deel 6" wordt gerapporteerd dat van 11 partijen gerijpte baggerspecie de sulfaatuitloging boven de grenswaarde voor categorie I bouwstoffen ligt. De meetgegevens worden echter niet in het rapport gepresenteerd, evenmin als het sulfide/sulfaatgehalte van de ongerijpte baggerspecie.

Voor de beslisboom wordt uitgegaan van een ruwe benadering voor voorspelling van de sulfaatuitloging:

- 1) Bij rijping wordt 50% omzetting van totaal_zwavel omgezet in sulfaat (of 50% van het AVS). Hierdoor bedraagt het sulfaatgehalte na rijping:
 $1.5 \times \text{totaal-sulfidegehalte baggerspecie}$
(molecuulgewicht van sulfaat is 3 x molecuulgewicht van zwavel)
- 2) Bij de rijping is de uitspoeling van sulfaat verwaarloosbaar;
- 3) Bij een kolomtest op gerijpte baggerspecie spoelt 70% van het aanwezige sulfaat uit.

Toepassing van deze berekeningsmethode op 21 baggerspecie-typen, waarvan het sulfidegehalte is bepaald, leidt tot overschrijding van de categorie I grenswaarde in ca 50% van de gevallen (Klei uit baggerspecie, deel 6)

Tabel 2.19.: Sulfaatgehaltes en -uitloging van praktijkgerijpte baggerspecie

		baggerspecie			gerijpt		
		gehalte S	gehalte SO ₄	uitloging SO ₄	gehalte S	gehalte SO ₄	uitloging SO ₄
Slufter	Tauw, 1997						3300
Grote lucht 4	GOBZH, 1998	340	70	nb	5	4.850	4740
Zuidbroek	GOBZH, 1998	705	925	183	15	17.000	22.050
Zevenhuizen	GOBZH, 1998	44	6.400	6.450	12	9.500	8.880

2.7 Zware metalen en cyanide

Zware metalen

Door oxidatie van sulfiden en afbraak van organisch stof kunnen zware metalen worden gemobiliseerd. Een van de oorzaken is de oxidatie van metaalsulfiden, maar doordat de geoxideerde zware metalen direct worden geadsorbeerd aan organisch stof en lutum heeft dit meestal geen of zeer beperkte verhoging van de uitloging tot gevolg. Ook in geoxideerde specie worden metalen goed gebonden. Alleen in sterk zandige, humusarme specie kan de uitloging van metalen een factor van belang zijn.

Een ander aspect dat mee kan spelen bij de mobilisatie van zware metalen is de pH-daling die kan optreden door afbraak van organisch stof en omzetting van sulfide in sulfaat. Bij beide processen wordt zuur geproduceerd, maar aangezien baggerspecie meestal kalkrijk of kalkhoudend is, wordt dit zuur gebufferd door de oplossing van kalk (pH blijft 6.5 tot 7). In kalkloze baggerspecie kan echter een sterke pH daling optreden, waardoor de adsorptie van zware metalen afneemt. Met name bij $\text{pH} < 5$ kan dit een sterke toename van de uitloging tot gevolg hebben van in eerste instantie zink en cadmium.

Uitloognormen

De consequenties van de mobilisatie van zware metalen voor de toepassingsmogelijkheden dienen getoetst te worden aan de uitloging (kolomtest). Conform het Bouwstoffenbesluit zal in principe van alle metalen die de streefwaarde overschrijden de uitloging bepaald moeten worden (kolomtest L/S 10), en getoetst moeten worden aan de uitloognormen. In de beslisboom worden deze uitloognormen opgenomen.

Schattingmethode op basis van samenstelling

Aangezien vrijwel nooit uitlooggegevens beschikbaar zijn, is naast de uitloognormen, een schattingmethode op basis van het gehalte aan metalen gewenst. Hierbij wordt geschat bij welke gehalten in de baggerspecie een overschrijding van de uitloognormen kan optreden.

In het IPO-interimbesluit (IPO, 1997) is hiertoe reeds een voorstel gedaan met de "Tussengrenswaarde". Dit is het gehalte waaronder de uitloging onder de U1-waarde ligt (categorie 1 bouwstoffen). Deze Tussengrenswaarde wordt in de beslisboom overgenomen, ook al zal de wettelijke status verdwijnen bij de inwerking-treding van het Bouwstoffenbesluit..

Naast de Tussengrenswaarde wordt in de beslisboom een "Bovengrenswaarde" opgenomen. Dit is het gehalte waarboven de uitloging de U1-waarde zal overschrijden. Bij gehalten tussen de "Tussengrenswaarde" en de "Bovenwaarde" is de toepasbaarheid van de (al dan niet bewerkte) baggerspecie als categorie 1 bouwstof niet zeker (onzekerheidsmarge).

Uit uitloogonderzoek op een groot aantal grond en baggerspecie-monsters (bewerkt en onbewerkt) blijkt dat de uitloging van metalen niet is gecorreleerd aan de totaalsamenstelling (IWACO, ECN, 1997). Tevens blijkt dat van alle monsters slechts in 9% de U1-uitloogwaarde wordt overschreden. Arseen blijkt hierbij het meest kritische element te zijn. Verder blijkt uit dit onderzoek dat de overschrijdingen van de U1-waarde in de regel voorkomen bij:

- 1) monsters met pH < 5
- 2) monsters met samenstelling > grenswaarde

Indien deze monsters worden uitgesloten, blijkt slechts in 5% van de monsters de U1-waarde te worden overschreden.

Zuurgraad na rijpen en landfarming

Op basis van het bovenstaande kan in de beslisboom worden afgezien van een toetsing aan uitloognormen voor zware metalen indien de pH van de (gerijpte) baggerspecie > 5. In onderstaande tabel is de pH van baggerspecie na rijping/landfarming weergegeven. Hieruit blijkt dat bij geen van de experimenten de pH na rijping kleiner is dan 5. Bij veel proeven is echter de pH van de gerijpte baggerspecie niet gemeten.

Bij rijping van kalkloze baggerspecie wordt het zuur dat bij oxidatie van baggerspecie vrijkomt niet gebufferd, waardoor de pH van gerijpte baggerspecie wel sterk kan dalen (tot beneden pH 5). In het algemeen bevat baggerspecie echter wel kalk, zodat dit in de praktijk niet vaak zal voorkomen. In de beslisboom wordt er daarom van uitgegaan dat alle monsters met een metaalgehalte < grenswaarde als een categorie I grond toegepast kunnen worden.

Tabel 2.20.: zuurgraad van gerijpt baggerspecie

lokatie	bron	Z	L	H	specietype	pH uit
Slufter	Tauw, 1997	?	29	14	sterk humeus matig zandig of siltig	7.4
Groote lucht vak 4	GOBZH, 1998	80	6	2	zwak humeus zand	7.2
Zwaardslootseweg	GOBZH, 1998	75	10	6	matig humeus, matig zandig	
Zevenhuizen	GOBZH, 1998	70	12	16	sterk humeus, matig zandig	7.0
Groote lucht vak 1-3	GOBZH, 1998	55	18	14	sterk humeus, siltig	
Zuidbroek	GOBZH, 1998	45	20	33	venig	5.0
Callantsoog	TNO, 1997	70		6,4	Matig humeus, matig zandig	
Petroleumhaven	RIZA, 1997b			11	sterk humeus, siltig	
Wemeldinge (zout)	RIZA, 1997b			9	matig humeus, matig zandig	
Geulhaven	DHV, 1991			6,2	Matig humeus, matig zandig	7.7
	RIZA, 1997c		8		idem	
Zierikzee (zout)	DHV, 1991			7,1	matig humeus, siltig	7.5
	RIZA, 1997c		20		idem	

Cyanide

Het cyanidegehalte van baggerspecie wordt niet standaard gemeten. Het cyanide-gehalte is echter wel van belang voor het beoordelen van de toepassingsmogelijkheden van gerijpte baggerspecie. Gebleken is dat bij cyanidegehalten in bodem of waterbodem boven de streefwaarde regelmatig de U1-waarde wordt overschreden (IWACO, ECN, SCG, 1997). Bij onderzoek aan 11 partijen gerijpte baggerspecie werd bij 1 partij een overschrijding van de categorie I grens gemeten (DWW, 1997).

3 Fractiescheiding (depotscheiding)

3.1 Inleiding

Het principe van fractiescheiding berust op het feit dat grovere deeltjes in de baggerspecie eerder bezinken dan de fijnere fractie. De gebaggerde specie wordt hiervoor verdund met water en opgespoten in een bekken zodanig dat een constante stroomsnelheid optreedt. Het water met de fijne (klei-)deeltjes loopt over naar een volgend bekken terwijl het zwaardere zand achterblijft. Bij de het demonstratieproject "zand uit baggerslib" bij de Slufter in de periode 1993 - 1998 is de acceptatiegrens voor zandhoudende slibmengsel vastgesteld op minimaal 50 % > 63 μm . Afhankelijk van de doelstelling van het scheidingsrendement en de korrelgrootte-verdeling kunnen er meerdere scheidingsbekkens (compartimenten) achter elkaar worden gemaakt. Het afgescheiden zand ontwatert vrij snel en is veelal schoon genoeg om hergebruikt te worden. Bij het demonstratieproject "zand uit baggerslib" kon 77 % van het achtergebleven zand direct worden hergebruikt. Dit direct herbruikbare zand vormde ruim 49 % van de aangevoerde hoeveelheid slib. Indien het zand nog niet geschikt is voor hergebruik, kan het elders eventueel nog andere bewerkingen ondergaan. Zo behoort een nareiniging door hyrocyclonage tot de mogelijkheden. In de slibfractie die na fractiescheiding overblijft zijn de verontreinigingen geconcentreerd. Deze slibfractie wordt vervolgens gestort (nat/droog). Het storten wordt in de beslisboom opgenomen, waarbij op basis van het zandgehalte (of het specie-type) een schatting wordt gemaakt van de hoeveelheid. Andere opties (zoals thermische bewerking) worden niet in de beslisboom uitgewerkt.

Bij de fractiescheiding in sedimentatiebekkens kan voor de beslisboom een schatting gemaakt van het scheidingsrendement op basis van uitgevoerde projecten. Daarnaast wordt rekening gehouden met de zandopbrengst als percentage van de hoeveelheid bewerkte baggerspecie. Indien de reststroom die (al dan niet na drogen) gestort moet worden te groot is, zal deze techniek als niet toepasbaar worden ingeschat.

3.2 Varianten fractiescheiding

Gezien de resultaten van de uitgevoerde projecten met fractie-scheiden wordt bij de beslisboom de mogelijkheid van fractiescheiding gekoppeld aan de "bodemtype-indeling" (tabel 3.1). Alleen de zandige baggerspecie-typen (meer dan 50% zand) komen in aanmerking voor fractiescheiding.

Tabel 3.1 *Fractiescheiding van baggerspecie*

	depotscheiding ¹⁾	nascheiden zandfractie met hydrocycloon
zwak humeus zand		
matig humeus zand		
matig humeus matig zandig		
matig humeus siltig		
matig en sterk humeus kleiig		
sterk humeus kleiig		
venig		

	toepasbaar, categorie 0/1 zand
	toepasbaar, mogelijk categorie 1 zand
	niet toepasbaar

- ¹⁾ bij het afgraven van het scheidingsdepot, wordt in de praktijk vooraf een bemonstering uitgevoerd. Indien de hoeveelheid categorie I zand beperkt is, kan besloten worden om een deel van het depot (waar de te hoge gehalten zijn aangetroffen) na te reinigen met hydrocyclonage.

3.2.1 Chemische samenstelling zandfractie

Bij fractiescheiding kan in principe schoon zand worden geproduceerd (gehalten beneden de streefwaarde). In de praktijk blijkt echter dat zowel bij depotscheiding als bij hydrocyclonage meestal geen schoon zand wordt geproduceerd. Deze optie wordt in de beslisboom verder niet uitgewerkt.

Indien de gehalten na de fractiescheiding boven de grenswaarde (bouwstoffenbesluit liggen, is fractiescheiding geen toepasbare techniek. In de praktijk blijkt echter dat depotscheiding, eventueel in combinatie met hydrocyclonage en nareiniging van het zand, altijd tot een bruikbaar product leidt. Naarmate de baggerspecie sterker verontreinigd is, zal echter wel een grotere inspanning verricht moeten worden. Bij depotscheiding kan baggerspecie met hoge gehalten aan olie en PAK tot problemen leiden,

aangezien deze organische verbindingen als discrete deeltjes voor kunnen komen. Met hydrocyclonage en nabehandeling van de zandfractie blijkt echter zelfs deze baggerspecie reinigbaar te zijn. Een voorbeeld van factiescheiding van zeer sterk verontreinigde specie is de pilot-sanering met baggerspecie uit de petroleumhaven (zeer sterk verontreinigd is met PAK en olie). Na hydrocyclonage bevat de zandfractie nog te veel PAK en olie, maar na nabehandeling (flotatie) is wel een herbruikbaar categorie I zand geproduceerd.

3.2.2 Uitloging metalen, sulfaat en chloride

Uit resultaten van scheidingsproeven blijkt dat de uitloging van zware metalen vrijwel altijd beneden de U1-waarde ligt (zie ook H4). Wel blijkt in de praktijk bij het scheidingsdepot bij de Sufter de U1 waarde voor chloride regelmatig overschreden te worden. De verwachting is echter dat bij gebruik van zoet spoelwater, of bij naspoelen van de zandfractie, de chloride gehalten en uitloging beperkt kunnen worden.

3.2.3 Fysische samenstelling

Bij depotscheiding zal de zandfractie altijd een geringe hoeveelheid lutum en organisch stof bevatten. De hoeveelheid lutum en organisch stof is manipuleerbaar, door het ontgraven van het depot te baseren op metingen van de textuur. Aangezien voor de meeste toepassingsgebieden van zand een organisch stofgehalte van < 5% en een lutumgehalte van < 8% vereist is, zal de ontgraving van het scheidingsdepot hierop worden afgestemd.

Bij nareiniging van de zandfractie met hydrocyclonage zal het lutum- en organisch stofgehalte altijd ruim onder deze waarden kunnen liggen.

Bijlage 5. Intakecriteria per specietype

Bij gebruik van de “*intakecriteria per specietype*” worden de gemeten “in situ” concentraties direct getoetst aan de intakecriteria per specie-type. Deze “intakecriteria per specietype” zijn opgesteld voor een aantal typen baggerspecie met duidelijk verschillend lutum en organisch stofgehalte. Hierbij is de indeling op “hoofdtypeuur” (op basis van zand, silt en lutum) gebruikt, aangevuld met een verdere onderverdeling voor organisch stof (tabel 1.):

- zwak humeus
- matig humeus
- sterk humeus

De intakecriteria staan vermeld in de intaketabellen 1 t/m 8.

Tabel 1 *Indeling in baggerspecietype conform NEN 5104, inclusief indeling in humusgehalte*

Bodemtype indeling NEN 5104				% < lutum (L)		% zand (Z)		% org stof (H)	
				range	gem.	range	gem.	range	gem.
Zwak humeus zand	I	Zs1 - Zs4, Zk	h1	< 8	3	> 50	80	< 2.5	1
Matig humeus zand	I		h2					< 8	4
Sterk humeus zand	I		h3					< 15	12
zwak humeus, matig zandig	II	Kz1 - Kz3	h1	8 - 25	10	> 50	60	< 3	2
matig humeus, matig zandig	II		h2					< 10	7
sterk humeus, matig zandig	II		h3					< 20	14
zwak humeus, siltig	III	Ks4, Lz1, Lz3	h1	< 25	15	< 50	40	< 3	2
matig humeus, siltig	III		h2					< 10	7
sterk humeus, siltig	III		h3					< 20	14
zwak humeus, kleiig	IV	Ks1 - Ks3	h1	> 25	30	< 75	25	< 5	3
matig humeus, kleiig	IV		h2					< 16	10
sterk humeus, kleiig	IV		h3					< 30	18
veen	V	Vz1, Vz3, Vk1, Vk3, Vm		-	25	-	10	> 15	30

Gearceerde specie-typen: meest voorkomend in Nederland

Bij direct droog toepassen is sprake van ontwatering/ripping op de hergebruiklocatie

Bij direct droog toepassen is sprake van ontwatering/tijping op de hergebruikslocatie

Bij direct droog toepassen is sprake van ontwatering/ripping op de hergebruikslocatie

Bijlage 5; tabel 4: Intakecriteria voor siltige, matig humeuze baggerspecie (mg/kg)

I : Indeling in specie-type (tabel 2.2) :
(zie pagina 23)

Siltige, matig humeuze specie

	range	gemiddeld
Lutum	<25	15
Zand	< 50	40
org stof	< 20	7

II : Toets gemeten gehaltenes aan intakecriteria:
(zie pagina 27)

Zware metalen
As
Cd
Cr
Cu
Hg
Pb
Ni
Zn

Organische verbindungen

Minerale olie	
PAK	
naftaleen anthraceen fenantreen fluoranteen benz(a)anthraceen chryseen benzo(k)fluoranteen benzo(b)fluoranteen benzo(a)pyreen benzo(g)peryleen indeno(1,2,3-cd)pyreen	
som PAK's (10)	

OCB's en PCB's

EOX
Chloorbenzenen
HCB
som chloorbenzenen
organochloor-bestrijdingsmiddelen
Aldrin-dieldrin
Endrin
som Drins
som DDT/DDD/DDE
Y-HCH (lindaan)
som HCH-verbindingen
som OCB's
PCB's
PCB-28
PCB-52
PCB-101
PCB-118
PCB-138
PCB-153
PCB-180
som PCB (6)
som PCB's (7)
Cyanide

Zouten

zoet milieu	chloride sulfaat sulfide
zout/brak milieu	chloride sulfaat sulfide

Verspreiden

zoel zout

45	24
6	3
304	96
71	47
1	1
449	93
32	32
543	275

[illegible]

0,014		0,014
-		-
0,028		-
0,028		-
-		-
0,014		0,014
0,014		0,014
-		-
0,070		-
0,021		0,021
0,021		0,021
0,021		0,021
0,021		0,021
0,021		0,021
0,021		0,021
-		-
0,14		-

-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-

<p align="center">Nat toepassen</p>	
<p>categorie 0</p>	<p>categorie 1</p>

	pH > 5	pH < 5
24	45	31
0.66	10	1.0
80	304	304
28	149	82
0.26	9	0.3
72	449	174
25	150	43
106	543	200

35	350
-	5
-	10
-	20
-	35
-	40
-	10
-	40
-	-
-	10
-	40
-	40
1.0	40

0.07	-
-	-
0.0018	-
-	3.5
-	-
0.0007	-
-	0.35
0.0018	0.35
0.000035	-
-	0.35
-	0.35
0.0007	-
0.0007	-
0.0028	-
0.0028	-
0.0028	-
0.0028	-
0.0028	-
0.0140	-
-	0.35
5.00	20.00

200	1147
-	1971
-	1314
-	-
-	2786
-	1857

Direct droog toepassen		Droog toepassen na rijpen/landfarmen		
categorie 0	categorie 1	1 jaar	2 jaar	4 jaar

	$pH > 5$	$pH < 5$
24	45	38
1	10	1
80	304	380
28	149	105
0	9	0.3
72	449	205
25	150	60
106	543	265

35	350
-	5
-	10
-	20
-	35
-	40
-	10
-	40
-	-
-	10
-	40
-	40
10	40

0.07	-
0.0018	-
-	3.5
-	-
0.0007	-
-	0.35
0.0018	0.35
0.000035	-
-	0.35
-	0.35
0.0007	-
0.0007	-
0.0028	-
0.0028	-
0.0028	-
0.0028	-
0.0028	-
0.0140	0.35
-	-
-	20.90

200	599
-	1623
-	1082
-	-
-	2786
-	1857

min		max		min		max		min		max	
pH > 5				pH > 5				pH > 5			
42	-	45	-	42	-	44	-	42	-	43	-
8.8	-	10.0	-	8.8	-	9.6	-	8.6	-	9.1	-
304	-	304	-	304	-	304	-	304	-	304	-
138	-	149	-	138	-	146	-	136	-	140	-
8.5	-	8.7	-	8.5	-	8.6	-	8.5	-	8.9	-
427	-	449	-	427	-	442	-	423	-	431	-
150	-	150	-	150	-	150	-	150	-	150	-
516	-	543	-	516	-	534	-	510	-	521	-

min		max		min		max		min		max	
350		500		583		595		700		1400	
-		-		-		-		-		-	
6	-	7	-	7	-	10	-	25	-	50	-
11	-	14	-	14	-	20	-	50	-	100	-
22	-	29	-	29	-	40	-	100	-	200	-
39	-	50	-	50	-	70	-	175	-	350	-
44	-	57	-	57	-	80	-	200	-	400	-
11	-	14	-	14	-	20	-	50	-	100	-
44	-	57	-	57	-	80	-	200	-	400	-
0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
11	-	14	-	14	-	20	-	10	-	100	-
44	-	57	-	57	-	80	-	40	-	400	-
44	-	57	-	57	-	80	-	200	-	400	-
44	-	57	-	57	-	80	-	200	-	400	-

1.8	-	3.5	1.8	-	3.0	1.4	-	2.1	
0.18	-	0.35	0.16	-	0.30	0.14	-	0.21	
0.18	-	0.35	0.16	-	0.30	0.14	-	0.21	
0.18	-	0.35	0.16	-	0.30	0.14	-	0.21	
0.18	-	0.35	0.18	-	0.30	0.14	-	0.21	
0.18	-	0.35	0.18	-	0.30	0.14	-	0.21	
		30			30				30

800	1200	>>
1623	1623	1623
1062	1062	1062
2788	2788	2788
1857	1857	1857

III : Selecteer toepassingsgebied

Organisch stofgehalte (gemiddeld) na bewerking

Toepassingsgebieden

code	prioriteit
------	------------

Nat

ophoging en aanvulling met zand in water
als isolatielaag, stortplaatsen, kleischermen
aanvullen of dempen van havens en putten, landscaping etc

Dr oog

Industriezand

- belastingverspreidende laag, zandbed onder wegen
- constructieve ophoging en aanvulling met zand
- als erosiebestendige deklaag op dijken
- als vegetatielaag of toplaag
- als isolatielaag, tegengaan van watertransport of uitloging etc.
- overige constructieve ophoging en aanvulling
- niet-constructieve ophoging en aanvulling
- als deklaag op wegbermen, stortplaatsen etc.
- aanvullen, landschapen etc

7[illegible]

7	7
---	---

Nat toepassen als Categorie 0	Nat toepassen als Categorie 1
nee misschien (ja)	nee misschien (ja)

7	7
---	---

Droog Toepassen als Categorie 0	Droog Toepassen als Categorie 1
op basis van zand, lutum en o.s. eisen	op basis van zand, lutum en o.s. eisen
nee	nee
nee	nee
nee	nee
nee	nee
nee	nee
nee	nee
nee	nee
ja	ja
ja	ja
(ja)	(ja)

3.5	.	7	3.5	.	5.95	2.8	.	4.2
-----	---	---	-----	---	------	-----	---	-----

<p>Doorg Toepassen als Categorie 1</p> <p>op basis van zand, lutum en organische stof eisen</p>			
<p> </p>			
<p> </p>			
<p> </p>			
nee	nee	nee	nee
nee	nee	nee	nee
nee	nee	nee	nee
misschien	misschien	ja	misschien
nee	nee	misschien	misschien
nee	nee	misschien	misschien
ja	ja	ja	ja
ja	ja	ja	ja
(ja)	(ja)	ja	ja

storten
sittige baggerspecie

Storten

ja	Voorkeursverwerking
nee	verwerking/toepassing niet mogelijk
(ja)	minder gewenste toepassingsgebieden, bij (verdere) verwerking is hoogwaardiger toepassing mogelijk

Bij direct droog toepassen is sprake van ontwatering/ripping op de hergebruikslocatie

I : Indeling in specie-type (tabel 2.2) :
(zie pagina 23)

Sterk humeuze, siltige specie

	range	gemiddeld
Lutum	<25	15
Zand	< 50	40
org stof	< 20	14

Verspreiden

zoet zou

	50	21
	7,6	4,
	304	96
	81	54
	1,5	1,
	493	102
	32	32
	597	302

Nat toepassen

categorie 0	categorie 1
-------------	-------------

	pH > 5	pH
27	50	
0.8	12	
80	304	3
32	171	
0.27	9	0
79	493	1
25	150	
116	597	2

Direct droog toepassen		Droog toepassen na rijpen/landfarms		
categorie 0	categorie 1	1 jaar	2 jaar	4 jaar

	pH > 5	pH
27	50	
0.8	12	
80	304	3
32	171	
0.27	9	0
79	493	1
25	150	
116	597	2

	min	max		min	max		min	max
pH > 5	45	50	pH > 5	45	49	pH > 5	44	47
10.0	12.4	10.0	10.0	11.5	9.5	10.0	10.0	10.0
30.4	30.4	30.4	30.4	30.4	30.4	30.4	30.4	30.4
149	171	149	164	164	144	144	144	144
8.7	9.1	8.7	9.0	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6
449	493	449	479	440	440	440	440	440
150	150	150	150	150	150	150	150	150
543	597	543	580	532	532	532	532	532

storten
sittige baggerspecie

min		max		min		max		min		max	
700 -		1000		1167 -		1190		1400 -		28	
-		-		-		-		-		-	
7 -		8		9 -		10		25 -		-	
14 -		16		17 -		20		50 -		1	
29 -		31		34 -		40		100 -		2	
50 -		54		60 -		70		175 -		3	
57 -		62		68 -		80		200 -		4	
14 -		16		17 -		20		50 -		1	
57 -		62		68 -		80		200 -		4	
-		-		-		-		-		-	
14 -		16		17 -		20		50 -		1	
57 -		62		68 -		80		200 -		4	
57 -		62		68 -		80		200 -		4	
57 -		62		69 -		81		200 -		4	

[illegible]

800	1200	>>
(dem)		

Zware metalen
As
Cd
Cr
Cu
Hg
Pb
Ni
Zn

Organische verbindungen

Minerale olie
PAK
naffaleen anthraceen fenantreen fluorantreen benz(a)anthraceen chryseen benzo(k)fluorantreen benzo(b)fluorantreen benzo(a)pyreen benzo(g)pyreen indenopyreen
som PAK's (10)

OCB's en CB's

<p>EOX</p> <p>Chloorbenzenen</p> <p>HCB</p> <p>som chloorbenzenen</p> <p>organochloor-bestrijdingsmiddelen</p> <p><i>Aldrin</i>-delrin</p> <p>Endrin</p> <p>som Dins</p> <p>som DDT/DDD/DDE</p> <p>Y-HCH (lindaan)</p> <p>som HCH-verbindingen</p> <p>som OCB's</p> <p>PCB's</p> <p>PCB-28</p> <p>PCB-52</p> <p>PCB-101</p> <p>PCB-118</p> <p>PCB-138</p> <p>PCB-153</p> <p>PCB-180</p> <p>som PCB (6)</p> <p>som PCB's (7)</p> <p>Cyanide</p>	
--	--

Zouten

zoet milieu
chloride
sulfaat
sulfide
zoutbrak milieu
chloride
sulfaat
sulfide

Organisch stofgehalte (gemiddeld) na bewerking

14

14	14
----	----

14	14
----	----

7	-	14	7	-	12	5.6	-	8.4
---	---	----	---	---	----	-----	---	-----

Toepassingsgebieden

gsggebieden	code	prioriteit
Nat		
ophoging en aanruiling met zand in water	CO/CA1	1
als isolabelag, storplaatsen, Keeschemen	I	2
aanruiling of dempen van havens en putten, landscaping etc.	O	5
Droog		
industriezand	IZ	1
belastingspredende laag, zandbed onder wegen	CB	1
constructieve ophoging en aanruiling met zand	CO/CA1	2
als erosiebestende deklaag op dijken	AD2	2
als vegetatelaag of toplaag	VG	2
als isolabelag, tegengaan van watertransport of uftoging etc.	I	2
overige constructieve ophoging en aanruiling	CO/CA2	3
net-constructieve ophoging en aanruiling	NO/NA	4
als deklaag op wegbemien, storplaatsen etc.	AD1	4
aanruiling of dempen van havens en putten, landscaping etc.	O	5

Verspreiden

Nat toepassen als Categorie 0	Nat toepassen als Categorie 1
op basis van zand.	op basis van zand.

lulum en o.s. eisen	lulum en o.s. eisen
nee misschien ja	nee misschien ja

Droog Toepassen als Categorie 0	Droog Toepassen als Categorie 1
op basis van zand,	op basis van zand,

Sum en o.s. eisen	Sum en o.s. eisen
nee	nee
nee	nee
nee	nee
nee	nee
nee	nee
nee	nee
nee	nee
nee	nee
nee	nee
nee	nee
ja	ja
(2)	(2)

**Droog Toepassen als
Categorie 1**
op basis van zand, lutum en organische stof eisen

noo	nou	nou
nou	nou	nou
nou	nou	nou
nou	nou	nou
nou	nou	nou
nou	nou	nou
nou	nou	mieschien
ja	ja	ja
(sa)	(sa)	ia

Storten

ja	Voorkeursverwerking
nee	verwerking/toepassing niet mogelijk
(ja)	minder gewenste toepassingsgebieden, bij (verdere) verwerking is hoogwaardiger toepassing mogelijk

Bij direct droog toepassen is sprake van ontwatering/ripping op de hergebruikslocatie

Bij direct droog toepassen is sprake van ontwatering/ripping op de hergebruikslocatie

I : Indeling in specie-type (tabel 2.2) :
(zie pagina 23)

	range	gemiddeld
Lutum	> 25	30
Zand	< 50	25
org stof	< 25	18

Verspreiden

zoet zout

categorie 0	categorie 1
-------------	-------------

categorie 0	categorie 1
-------------	-------------

1 jaar 2 jaar 4 jaar

65	34
9	5
418	132
110	73
2	1
611	127
51	51
859	435

	pH > 5	pH < 5
34	65	45
1.0	15	1.5
110	418	418
44	231	128
0.33	11	0.4
98	611	236
40	240	56
167	859	316

	pH > 5	pH < 5
34	65	4
1.0	15	1
110	418	4
44	231	12
0.3	11	0
98	611	23
40	240	6
167	859	31

min		max		min		max		min		max	
pH > 5				pH > 5				pH > 5			
65		63 - 65		62 - 63		14.5 - 14.5		418 - 418		225 - 225	
15.1		14.5 - 15.1		14.5 - 14.5		10.9 - 11.0		10.8 - 10.9		611 - 600	
418		418 - 418		418 - 418		240 - 240		240 - 240		859 - 845	
231		225 - 231		220 - 225		831 - 845					
11.0		10.9 - 11.0		10.8 - 10.9							
611		600 - 611		589 - 600							
240		240 - 240		240 - 240							
859		845 - 859		831 - 845							

[illegible]

00	000
-	9
-	18
-	36
-	63
-	72
-	18
-	72
-	-
-	18
-	72
-	-
1 80	72

	90	900
-	-	9
-	-	18
-	-	36
-	-	63
-	-	72
-	-	18
-	-	72
-	-	-
-	-	18
-	-	72
-	-	72
1.8		72

min		max		min		max		min		max	
900				1000		- 1157		1013		- 1200	
9		9		8.1	-	9					
18		18		16.2	-	18					
36		36		32.4	-	36					
63		63		56.7	-	63					
72		72		64.8	-	72					
18		18		16.2	-	18					
72		72		64.8	-	72					
					-						
18		18		16.2	-	18					
72		72		64.8	-	72					
72		72		64.8	-	72					
72		72		64.8	-	72					

EOX
Chloorbenzenen
HCB
som chloorbenzenen
organochloor-bestrijdingsmiddelen
Aldrin/dieldrin
Endrin
som Drins
som DDT/DDD/DDE
Y-HCH (lindaan)
som HCH-verbindingen
som OCB's
PCB's
PCB-28
PCB-52
PCB-101
PCB-118
PCB-138
PCB-153
PCB-180
som PCB (6)
som PCB's (7)
Cyanide

	0.04	0.04
	-	-
	0.07	-
	0.07	-
	-	-
	0.04	0.04
	0.04	0.04
	-	-
	0.18	-
	0.05	0.05
	0.05	0.05
	0.05	0.05
	0.05	0.05
	0.05	0.05
	0.05	0.05
	-	-
	0.36	-
	-	-

0.18	-
-	-
0.005	-
-	9.0
-	-
0.002	-
-	0.9
0.005	0.9
0.00009	-
-	0.9
-	0.9
0.002	-
0.002	-
0.007	-
0.007	-
0.007	-
0.007	-
0.007	-
0.036	-
-	0.9
5.00	20.00

0,18	-
-	-
0,005	-
-	9
-	-
0,002	-
-	0,9
0,005	0,9
0,00009	-
-	0,9
-	0,9
0,002	-
0,002	-
0,007	-
0,007	-
0,007	-
0,007	-
0,007	-
0,036	-
-	0,9
5	20,00

9.0	8.1 -	9.0	7.2 -	8.1
0.9	0.81 -	0.9	0.72 -	0.81
0.9	0.81 -	0.9	0.72 -	0.81
0.9	0.81 -	0.9	0.72 -	0.81
0.9	0.81 -	0.9	0.72 -	0.81
0.9	0.81 -	0.9	0.72 -	0.81
20		20		20

zoet milieu
chloride
sulfaat
sulfide
zout/brak milieu
chloride
sulfaat
sulfide

	*	*
	*	*
	*	*
	*	*
	*	*
	*	*

200	1147
-	1971
-	1314
-	-
-	2766
-	1857

200	599
-	1623
-	1062
-	-
-	2786
-	1857

666	799	1198
1623	1623	1623
1082	1082	1082
2788	2788	2788
1857	1857	1857

Organisch stofgehalte (gemiddeld) na bewerking

Code	Prioriteit
------	------------

ophoging en aanvulling met zand in water
als isolatielaag, stortplaatsen, kleischermen
aanvullen of dempen van havens en putten, landscaping etc

Industriezand
belastingspriendende laag, zandbed onder wegen
constructieve ophoging en aanvulling met zand
als erosiebestendige deklaag op dijken
als vegetatielaag of toplaag
als isolatielaag, tegengaan van watertransport of uitloging etc.
overige constructieve ophoging en aanvulling
niet-constructieve ophoging en aanvulling
als deklaag op wegborden, stortplaatsen etc.
aanvullen, landscaping etc.

Nat toepassen als Categorie 0	Nat toepassen als Categorie 1
----------------------------------	----------------------------------

**Droog Toepassen als
Categorie 0**

Droog Toepassen als Categorie 1	
--	--

Droog Toepassen als Categorie 1

100

100

storten

Bij direct droog toepassen is sprake van ontwatering/rijping op de hergebruikslocatie

Bijlage 5; tabel 8: Intakecriteria voor venige baggerspecie (mg/kg)

I : Indeling in specie-type (tabel 2.2) :
(zie pagina 23)

Venige specie

	range	gemiddeld
Lutum	-	25
Zand	-	10
org stof	> 25	30

II : Toets gemeten gehalten aan intakecriteria:
(zie pagina 27)

Zware metalen
As
Cd
Cr
Cu
Hg
Pb
Ni
Zn

Organische verbindingen

Minerale olie
PAK
nafaleen
anthraeen
fenantreen
fluorantreen
benz(a)anthraeen
chryseen
benzo(k)fluorantreen
benzo(b)fluorantreen
benzo(a)pyreen
benzo(g)peryleen
indeno(1,2,3-cd)pyreen
som PAK's (10)

OCB's en PCB's

EOX
Chloorbenzenen
HCb
som chloorbenzenen
organochloor-bestrijdingsmiddelen
Aldrin+deklin
Endrin
som Drins
som DDT/DDD/DDE
Y-HCH (lindaan)
som HCH-verbindingen
som OCB's
PCB's
PCB-28
PCB-52
PCB-101
PCB-118
PCB-138
PCB-153
PCB-180
som PCB (6)
som PCB's (7)
Cyanide

Zouten

zoet milieu
chlride
sulfaat
sulfide
zout/brak milieu
chlride
sulfaat
sulfide

Verspreiden
zoet
zout

70	37
12	6
380	120
120	80
2	1
655	136
45	45
874	443

9000	3750
-	2.4
-	2.4
-	6.0
-	2.4
-	2.4
-	2.4
-	2.4
-	2.4
-	2.4
-	2.4
-	2.4
30	-

0,06	0,06
-	-
0,12	-
0,12	-
-	-
0,06	0,06
0,06	0,06
-	-
0,30	-
0,09	0,09
0,09	0,09
0,09	0,09
0,09	0,09
0,09	0,09
0,09	0,09
0,09	0,09
0,060	-
0,60	-
-	-

-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-

Nat toepassen
categorie 0
categorie 1

37	70	48
1,23	18	2
100	380	380
48,00	253	140
0,33	11	0
105	655	253
35	210	60
170	874	322

150	1500
-	15
-	30
-	60
-	105
-	120
-	30
-	120
-	-
-	30
-	120
-	120
3,0	120

0,3	-
-	-
0,008	-
-	15
-	-
0,003	-
-	1,5
0,008	1,5
0,00015	-
-	1,5
-	1,5
0,003	-
0,003	-
0,012	-
0,012	-
0,012	-
0,012	-
0,012	-
0,060	-
-	1,5
5,00	20,00

200	1147
-	1971
-	1314
-	-
-	2786
-	1857

Direct droog toepassen
categorie 0
categorie 1
1 jaar
2 jaar
4 jaar

37	70	48
1,23	18	2
100	380	380
48	253	140
0,33	11	0
105	655	253
35	210	60
170	874	321,8

150	1500
-	15
-	30
-	60
-	105
-	120
-	30
-	120
-	-
-	30
-	120
-	120
3,0	120

0,3	-
-	-
0,008	-
-	15
-	-
0,003	-
-	1,5
0,008	1,5
0,00015	-
-	1,5
-	1,5
0,003	-
0,003	-
0,012	-
0,012	-
0,012	-
0,012	-
0,012	-
0,060	-
-	1,5
5	20,00

200	599
-	1623
-	1082
-	-
-	2786
-	1857

droog toepassen na ripen/landfennen
1 jaar
2 jaar
4 jaar

min	=	max	min	=	max	min	max
pH > 5			pH > 5			pH > 5	
70		70	68	-	70		
18		18	17	-	18		
380		380	380	-	380		
253		253	244	-	253		
11		11		-	11		
655		655	636	-	655		
210		210	210	-	210		
874		874	851	-	874		

min	=	max	min	=	max	min	max
1500		1500	1500	-	1929		
15		15	14	-	15		
30		30	27	-	30		
60		60	54	-	60		
105		105	95	-	105		
120		120	108	-	120		
30		30	27	-	30		
120		120	108	-	120		
30		30	27	-	30		
120		120	108	-	120		
120		120	108	-	120		
120		120	108	-	120		

15	15	13,5	15
1,5	1,5	1,35	1,5
1,5	1,5	1,35	1,5
1,5	1,5	1,35	1,5
1,5	1,5	1,35	1,5
1,5	1,5	1,35	1,5
1,5	1,5	1,35	1,5
1,5	1,5	1,35	1,5
1,5	1,5	1,35	1,5
1,5	1,5	1,35	1,5

666	749	856
1623	1623	1623
1082	1082	1082
2786	2786	2786
1857	1857	1857

III : Selecteer toepassingsgebied
(zie pagina 31)

Organisch stofgehalte (gemiddeld) na bewerking

Toepassingsgebieden

Nat
isolatelaag stortplaatsen, kleischermen e.d.
aanvullen of dempen van havens en putten, landscaping etc

code prioriteit

I 2
O 5

Droog
als afdeklaag op wegbermen, stortplaatsen
aanvullen, landscaping etc

AD1 4
O 5

Verspreiden

V

Nat toepassen als Categorie 0	Nat toepassen als Categorie 1
nee	nee
ja	ja

NT0

NT1

Droog toepassen als Categorie 0	Droog toepassen als Categorie 1
nee	nee
ja	ja

DT0

DT1

Droog toepassen als Categorie 1		
nee	nee	misschien
ja	ja	ja

DT1-1

DT1-2

DT1-4

storten

Storten

S

ja Voorkeursverwerking
nee verwerking/toepassing niet mogelijk
(ja) minder gewenste toepassingsgebieden, bij (verdere) verwerking is hoogwaardiger toepassing mogelijk

Bij direct droog toepassen is sprake van ontwatering/ripping op de hergebruikslocatie