

32/uub(680)2^eex

Effectiviteit bodembeschermende voorzieningen voor spoelbassins in de bloembollensector; veldonderzoek

**D. Boels
W. Hamminga
J. Pankow**

**BIBLIOTHEEK "DE HAAFF"
Droevendaalsesteeg 3a
6708 PB Wageningen**

27 APR 2000

Rapport 680

Staring Centrum, Wageningen, 1999

in 970747

REFERAAT

Boels, D., W. Hamminga en J. Pankow. 1999 *Effectiviteit bodembeschermende voorzieningen voor spoelbassins in de bloembollensector; veldonderzoek*. Wageningen, Staring Centrum. Rapport 680. 68 blz. 10 fig.; 10 tab.; 2 ref.

Drie principes van bodembeschermende voorzieningen voor spoelbassins zijn in de praktijk onderzocht: remming van infiltratiesnelheid (met klei en folie afdichtingen), hydrologische isolatie (interceptor drains met en zonder afdichtingslaag) en adsorptie. Op zand-, zavel en lössgronden is afdichten met klei of leem nodig wanneer de bodem boven de grondwaterspiegel ligt om recirculatie mogelijk te maken, maar deze maatregel is onvoldoende voor de bescherming van de bodem en zijn aanvullende voorzieningen nodig (bijvoorbeeld hydrologische isolatie). In kwelgebieden en in situaties met een verlaagde bodem is deze variant wel effectief. De effectiviteit van hydrologische isolatie en adsorptielagen lopen uiteen van 90 tot 95%. De investeringen voor bodembeschermende voorzieningen bedragen f3,00 tot f13,00 per m³ en de jaarlijkse kosten f1,70 tot f2,20 per m³ bassin inhoud. Monitoring dient zich te richten op verspreiding bij hydrologische isolatie en infiltratieremming, aangevuld met monitoring van de kwaliteit van het grondwater. Monitoring van adsorptielagen dient zich te richten op de kwaliteit van de adsorptielaag en de bodem daaronder.

Trefwoorden: adsorptie, bodembeschermende voorziening, effectiviteit, hydrologische isolatie, infiltratie remming, monitoring recirculatie

ISSN 0927-4499



© 1999 Staring Centrum, Instituut voor Onderzoek van het Landelijk Gebied (SC)
Postbus 125, NL-6700 AC Wageningen.
Tel.: (0317) 474200; fax: (0317) 424812; e-mail: postkamer@sc.dlo.nl

Niets uit deze uitgave mag worden veelevoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van het Staring Centrum.

Staring Centrum aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Alterra is de fusie tussen het Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek (IBN) en het Staring Centrum, Instituut voor Onderzoek van het Landelijk Gebied (SC). De fusie is ingegaan op 1 januari 2000.

Inhoud

Woord vooraf	7
Samenvatting	7
1 Inleiding	15
1.1 Varianten	15
1.2 Meetprogramma en meetmethoden	16
2 Constructie en werking bodembeschermende voorzieningen	19
2.1 Beperking lekverlies	19
2.1.1 Locatie Creil	19
2.1.1.1 Ontwerp bassin	19
2.1.1.2 Uitvoering	20
2.1.1.3 Kosten	21
2.1.1.4 Lekverlies	22
2.1.1.5 Kwaliteit spoelwater en spoelgrond en grondwater	22
2.1.1.6 Conclusie klei / folie afdichting (kwel gebied)	23
2.1.2 Bassin Raalte	23
2.1.2.1 Ontwerp	24
2.1.2.2 Uitvoering	24
2.1.2.3 Kosten	24
2.1.2.4 Lekverlies	24
2.1.2.5 Kwaliteit Spoelwater en grondwater	25
2.1.2.6 Conclusie klei afdichting	25
2.2 Hydrologische isolatie	25
2.2.1 Bassin te Smilde (met kleiafdichting)	25
2.2.1.1 Ontwerp bassin	25
2.2.1.2 Uitvoering	26
2.2.1.3 Kosten	27
2.2.1.4 Beheer en onderhoud	27
2.2.1.5 Lekverlies	28
2.2.1.6 Kwaliteit spoelwater en spoelgrond en drainage water	29
2.2.1.7 Conclusie hydrologische isolatie met afdichtende laag	31
2.2.2 Locatie Hoogwoud	31
2.2.2.1 Ontwerp	31
2.2.2.2 Uitvoering	32
2.2.2.3 Kosten	32
2.2.2.4 Lekverlies	33
2.2.2.5 Kwaliteit spoelwater en spoelgrond	33
2.2.2.6 Conclusies hydrologische isolatie zonder afdichtende laag	33
2.3 Adsorptielaag	34
2.3.1 Locatie Haler(L)	34
2.3.1.1 Ontwerp	34
2.3.1.2 Uitvoering	35
2.3.1.3 Kosten	35

2.3.1.4	Effectiviteit adsorptie laag	36
2.3.1.5	Kwaliteit spoelwater, adsorptielaag en ondergrond	36
2.3.1.6	Conclusies adsorptielaag	37
3	Evaluatie en conclusies	39
3.1	Effectiviteit bodembeschermende voorzieningen	39
3.1.1	Effectiviteit remming infiltratie	40
3.1.2	Effectiviteit hydrologische isolatie	41
3.1.3	Effectiviteit adsorptielagen	42
3.1.4	Algemene conclusies mbt. effectiviteit voorzieningen	42
3.2	Jaarlijkse kosten versus effectiviteit	46
3.3	Handhaving	47
3.3.1	Uitgangstoestand	47
3.3.2	Opleveringscontrole	47
3.3.3	Herhaalde inspecties	49
3.3.4	Eindsituatieonderzoek	49
3.4	Alternatieve voorzieningen	49
	Literatuur	53
	<i>Aanhangsels</i>	
1	Kosten aanleg spoelbassins	55
2	Meting lekverlies en bodembelasting bij kleiafdichting	57
3	Meting en berekenen van verspreiding in grondwater bij hydrologische isolatie	59
4	Verloop grondwater niveau rond spoelbassin te Smilde	61
4	Berekening maximaal volume verontreinigde grond onder bassin (drainage aanwezig)	63
5	Kostenfactoren voor de aanleg van bezinkbassins en bodembeschermende voorzieningen	65
7	Kostenfactoren jaarlijkse kosten bodembeschermende voorzieningen	67

Woord vooraf

De bloembollensector heeft in een convenant aangegeven milieuproblemen van de sector zelf ter hand te nemen. Onder meer is afgesproken om bodemverontreiniging vanuit bezinkbassins te voorkomen en daarvoor passende maatregelen te ontwikkelen. In het verlengde daarvan heeft Het Productschap Tuinbouw namens het Doelgroepoverleg Bloembollensector het SC-DLO een opdracht verleent voor het uitvoeren van een onderzoek naar de mogelijkheden voor en effectiviteit van bodembeschermende voorzieningen voor bezinkbassins. Dit onderzoek omvat enkele fasen. In fase 1 zijn aan de hand van literatuuronderzoek en theoretische benaderingen mogelijkheden en beperkingen van bodembeschermende voorzieningen onderzocht. Fase 2 betreft praktijkproeven met enkele praktische en haalbare opties. Het onderzoek is begeleid door de werkgroep Gevaar, Schade en Hinder, aangevuld met deskundigen.

Samenvatting

Achtergrond

In Nederland wordt jaarlijks ca. 20.000 ha bollen geteeld waarvan ca. 50% op zavel- en kleigronden. Om beschadiging van de bollen tijdens de oogst te voorkomen wordt relatief veel aanhangende grond (tarra) mee geroid, die naderhand wordt verwijderd door te zeven en met water te spoelen. Ongeveer 95% van de bedrijven op de zavel- en kleigronden en ruim 20% op de zandgronden beschikt over een spoelinstallatie. Het aantal bedrijven met zo'n installatie neemt op de zandgronden toe omdat ook daar steeds meer bollen worden gespoeld.

Om verontreiniging van oppervlaktewater te voorkomen wordt spoelwater opnieuw gebruikt (recirculatie). Dit kan leiden tot een sterke toename van de concentratie bestrijdingsmiddelen in het spoelwater vergeleken met het systeem waarin dit water via een bezinkbassin direct op het oppervlakte water wordt geloosd. Het probleem van oppervlaktewater-verontreiniging is weliswaar opgelost, maar kan ten koste gaan van een vergrote bodem- en grondwaterverontreiniging, hetgeen in strijd is met de doelstellingen van het beleid dat gericht is op het terugdringen van emissies naar het milieu. Maatregelen kunnen zijn dus nodig om dit te voorkomen. Bij de keuze van de maatregelen zal er op gelet moeten worden dat de daarmee gemoeide kosten geen afbreuk doen aan het continuïteits-perspectief voor de agrarische sector.

De bloembollensector heeft besloten om de emissiesproblematiek zelf aan te pakken en heeft daartoe een 'Overeenkomst Uitvoering Milieubeleid Bloembollensector' op 16 juni 1995 getekend. Als uitvloeisel daarvan heeft het Productschap Tuinbouw mede namens het Doelgroepoverleg Bloembollensector, het SC-DLO opgedragen een studie uit te voeren naar de mogelijkheden voor en de effectiviteit van bodembeschermende voorzieningen voor spoelbassins in de bollensector. De studie is in fasen uitgevoerd.

Resultaten eerste fase onderzoek

In de eerste fase zijn milieukritische stoffen voor spoelbassins gedefinieerd. Dit zijn stoffen die op het moment van het rooien van de bollen nog in de bovenste bodemlagen worden aangetroffen, in spoelwater een concentratie veroorzaken die aanmerkelijk uitgaat boven de grenswaarde van die stof in water en kunnen uitspoelen naar het grondwater. Deze stoffen worden in de bodem biologisch afgebroken, waardoor in een beperkte zone onder de bassins geaccepteerde grenswaarden overschreden kunnen worden. De dikte van die zone hangt samen met de grootte van het lekverlies, de gehalten in het spoelwater en de afbraaksnelheid van de stoffen. Voor de situatie op dit moment is op grond van berekeningen en grondanalyses die aan de literatuur zijn ontleend, carbendazim als probleemstof gedefinieerd. In mindere mate zijn dit ook prochloraz en tolclofos-methyl.

Berekend is dat de dikte van de zone onder een spoelbassin zonder bodemafdichting waarin toelaatbare waarden worden overschreden, maximaal 6 m zal bedragen voor

het slechtst afbreekbaar middel (carbendazim). Bij alle andere middelen is deze dikte geringer. In dit verband is carbendazim de meest milieukritische stof.

De eerste fase van het onderzoek is afgesloten met de aanbeveling om nader onderzoek te doen aan enkele praktisch uitvoerbare en economisch haalbare oplossingen. Als zodanig zijn de alternatieven: (1) afdichting met klei, (2) hydrologische isolatie in combinatie met en zonder een minerale afdichtinglaag en (3) een adsorptielaag aangemerkt.

Resultaten tweede fase onderzoek

In overleg met het Doelgroepoverleg Bloembollensector zijn door de KAVB te Hillegom bollentelers benaderd voor hun medewerking aan de praktijkproeven. Bassins zijn aangelegd in Hoogwoud (hydrologische isolatie zonder afdichtinglaag), Creil (kleiafdichting), Smilde (hydrologische isolatie en een afdichtinglaag) en Haler (adsorptielaag). Aanvullend is in overleg met het waterschap Groot Salland het lekverlies gemeten van een bassin te Raalte, dat met een kleilaag is bekleed.

Gelet op de doelstelling van het onderzoek (beperking van emissies naar de bodem) zijn de belangrijkste kwaliteitsparameters voor het functioneren van de voorzieningen gemeten. Deze betreffen: reductie van het lekverlies door minerale afdichtingen, effectiviteit van adsorptielagen en de fractie van het totaal lekverlies dat door drains bij hydrologische isolaties wordt opgevangen. Het niet opgevangen deel wordt beschouwd als (onvermijdelijke) verspreiding in de bodem.

Lekverliezen zijn gemeten in een periode waarin niet wordt gespoeld om lastig te bepalen waterbalanstermen als af- en aanvoer van spoelwater te vermijden. De meting bestaat uit het nauwkeurig volgen van het waterniveau in het bassin en simultane meting van de neerslag en verdamping in een drijvende verdampingspan (in het bassin). Op een aantal momenten tijdens de spoelcampagne is ook de concentratie van de stoffen carbendazim, prochloraz en tolclofosmethyl in het spoelwater, spoelgrond en bij de adsorptielagen ook in de bodem onder het bassin gemeten. Bij de variant met hydrologische isolatie (Smilde en Hoogwoud) is de concentratie van deze stoffen ook in het grondwater gemeten (bemonstering van de interceptiedrain). Het grondwater onder het bassin te Creil is via controledrains op ca. 0,3 m onder de afdichtende kleilaag geanalyseerd.

Overzicht meetresultaten afzonderlijke spoelbassins

I-Afdichting met klei en folie in een kwelgebied

Locatie	: Creil
Grondsoort	: zavel
Grondwaterdiepte	: ~ 1,0 m -mv
Kwel/wegzijging	: (sterke) kwel
Maximale gehalten	

Tabel A Maximale gehaltenes (vlak na of aan het einde van het spoelseizoen), locatie Creil

Stof	Spoelwater	Grondwater	Bodem
	µg/l	µg/l	µg/kg
Carbendazim	<0,2	<0,2	<10
Tolclofos-Methyl	0,1	<0,01	<10
Prochloraz	0,69	<0,1	<0,1 (mg/kg)

Het proefbassin te Creil is voorzien van een bodemafdichting van klei en folie in de taluds. De folie is trapsgewijze aangelegd om afschuiving te voorkomen. De gebruikte klei is uit het bassin afkomstig en is ver van het inlaatpunt bezonken, waardoor de samenstelling redelijk uniforme is en een kleigehalte heeft dat hoger is dan de oorspronkelijke spoelgrond. De bodem ligt ongeveer 2,5 m onder maaiveld en ca. 1,5 m onder het gemiddeld grondwatervniveau en ligt in de invloedssfeer van kwel. Tijdens de aanleg is bronnering toegepast om het opbarsten van de pas aangelegd afdichtinglaag te voorkomen. Deze bronnering bestaat uit twee drainbuizen op ca. 0,3m onder de kleiafdichting. De drainbuizen dienen nu als controledrain voor het meten van de kwaliteit van het grondwater.

Gebleken is dat er afhankelijk van het niveau in het bassin kwelwater in het bassin stroomt dan wel een uiterst gering lekverlies optreedt (<0,1 mm/d). De kleilaag dient vooral om de kwelstroom naar het bassin te remmen.

II-Afdichting met klei in een zandgebied

Locatie : Raalte
 Grondsoort : zand
 Grondwaterdiepte : 0,5 – 0,7 m –mv
 Kwel/wegzijging : neutraal

Tabel B Maximale gehaltenes in spoelwater, locatie Raalte (gegevens Waterschap Groot Salland)

Stof	Spoelwater	Grondwater	Bodem
	µg/l	µg/l	µg/kg
Carbendazim	6,7	<0,1	Nb
Tolclofos-Methyl	<0,01	<0,01	Nb
Prochloraz	3	<0,25	Nb

Nb - niet bepaald

Het proefbassin te Raalte heeft een verlaagde bodem tot onder de grondwaterspiegel (0,5 – 0,7 m –mv). De bodem en taluds zijn bekleed met 0,4 m rivierklei. Op de taluds wigt deze laag naar boven toe uit tot een dikte van 0,1 m op het niveau van het hoogste peil in het bassin (ca. 0,4 m boven maaiveld). Het gemeten lekverlies bedraagt 5 mm per dag, wat voldoende is om recirculatie mogelijk te maken, maar vanuit de bodembescherming te veel is. De gerealiseerde doorlatendheid van de kleilaag is te hoog.

III-Afdichting met klei/leem en hydrologische isolatie met drains

Locatie : Smilde
 Grondsoort : zand
 Grondwaterdiepte : 1,0 – 1,5 m-mv
 Kwel/wegzijging : neutraal

Tabel C Maximale gehalten (vlak na of aan einde spoelseizoen), locatie Smilde

Stof	Spiegelwater	Grondwater	Bodem
	µg/l	µg/l	µg/kg
Carbendazim	10	<0,2	Nb
Tolclofos-Methyl.	<0,25	<0,01	Nb
Prochloraz	5	0,31	Nb

Nb – niet bepaald

Het bassin in Smilde betreft een nieuw bassin (50 x 90 m²) met de bodem boven de gemiddelde grondwaterspiegel. Drains voor het opvangen van het lekverlies zijn op een onderlinge afstand van 8 m en op een diepte van ca. 2.30 m onder de bodem van het bassin aangelegd en aangesloten op een drainput. Het opgevangen water wordt teruggepompt in het bassin. Een vlotterschakelaar regelt het niveau in de drainput en dit niveau is instelbaar. De bodem van het bassin is afgedicht met 0,20 m potklei/leem. In de kaden is folie aangebracht omdat de potklei/leem op een helling niet te verdichten is. Het lekverlies hangt samen met het peil in de drainageput. Uit de metingen kon worden afgeleid dat bij een goed beheer minstens 99% van het lekverlies (18 – 27 mm/d) kan worden opgevangen. Het verlies naar de omgeving bedraagt dan hooguit ca 0,2 mm per dag. Uit de chemische analyse van het spoelwater is gebleken dat een aanvankelijke hoog gehalte aan fosfaat (5,7 mg/l totaal P) als gevolg van algenbloei drastisch en blijvend gedaald is tot 0,03 mg/l aan het eind van het spoelseizoen 1997. Het hoogst gemeten gehalte carbendazim in het spoelwater bedroeg 10 µg/l, prochloraz 5 en tolclofosmethyl < 0,25 µg/l.

IV-Hydrologische isolatie met een horizontale ringdrainage

Locatie : Hoogwoud

Grondsoort : zeelei

Grondwaterdiepte : ~ 0,25 – 1,20 m –mv

Kwel/wegzijing : neutraal

Tabel D Maximale gehalten (vlak na of aan einde spoelseizoen), locatie Hoogwoud

Stof	Spiegelwater	Grondwater	Bodem
	µg/l	µg/l	µg/kg
Carbendazim	<0,95	<0,2	Nb
Tolclofos-Methyl	<0,05	<0,01	Nb
Prochloraz	<0,5	0,2	Nb

Nb – niet bepaald

Een hydrologische isolatie zonder afdichtinglaag is aangelegd in Hoogwoud op een zeelegrond met een gemiddeld hoogste grondwaterstand van 25 cm-mv en een gemiddeld laagste grondwaterstand van 120 cm-mv. De isolatie bestaat uit een ringdrainage rond een bassin met afmetingen van 40 x 115 m. De drains monden uit in een put van waaruit het drainage water naar het bassin wordt gepompt. Het bassin is omgeven met kaden van 1,2 m hoogte.

Het gemeten lekverlies bedroeg 8 mm per dag (geen spoelgrond en bij uitgeschakelde pomp om lekverlies terug te pompen). Geconstateerd is dat er lekkage door de (nieuwe) kaden optreedt. In een tweede meetronde , maar nu met ingeschakelde

pomp, bleek het lekverlies (verspreiding) beperkt te blijven tot ca. 0,15 mm per dag. Ca 98% van het lekverlies werd opgevangen.

V-Adsorptielaag van zand gemengd met compost

Locatie : Haler (L)
 Grondsoort : lemig zand
 Grondwaterdiepte : ~ 0,8 m -mv
 Kwel/wegzijging : neutraal

Tabel E Maximale gehalten (vlak na of aan einde spoelseizoen), locatie Haler (L)

Stof	Spoelwater µg/l	Adsorptielaag µg/kg	Bodem µg/kg
Carbendazim	1,4	< 100	<100
Tolclofos-Methyl	0,35	NB	NB
Prochloraz	32	3,126	0,052

In een bestaand bassin is een adsorptielaag aangebracht die bestaat uit een mengsel van zand en compost (~20%). Het bassin heeft een verlaagde bodem (0,5 m onder maaiveld). De bodem ligt enkele decimeters boven de grondwaterspiegel. Tijdens het vooronderzoek bleek de spoelgrond die het verst verwijderd van het inlaatpunt is bezonken, een zeer hoog gehalte aan organische stof(25%) te bevatten. In de bodem onder het bassin bleek geen meetbare concentratie van de gidsparameters aanwezig te zijn en waren de concentraties fosfaat en stikstof erg laag waren vergeleken met de gehalten in de spoelgrond. De effectiviteit van de adsorptielaag is 95%.

Kosten en effectiviteit bodembeschermende voorzieningen

Op basis van de ervaring met de aanleg van bassins in het onderzoek, zijn de kosten van verschillende alternatieven berekend voor een standaard bassin van 2000 m³ (bovenbreedte 20 m, diepte 2 m en taluds 1:1,5). Zowel de totale investering als de jaarlijkse kosten zijn benaderd (tabel 10).

Tabel F Berekende kosten en bodembelasting van de onderzochte varianten, berekend voor een standaard bassin van 2000 m³

Bodembe-schemende voorziening	Opmerking	Investering voorzieningen		in	Vervangings- termijn (j)	Jaarlijkse kosten (rente, afschrijving elektr., monitoring)		Emissie reductie (% t.o.v. 0-situatie)
		Totaal (gld)	Gld/m ³			(gld./jaar)	(gld./m ³)	
0-situatie	350 mm/jr	0	0	-	-	0	0	0 %
Klei	Bodem boven grondw. niv. Zandgrond GT IIIb	20.000,-	10,-	25	25	3500,-	1,70	0 %
Klei/leem + hydrologische isolatie	Bodem boven grondw. niv. Drainafst. 8 m. Zandgr. GT Vb	12.000,-	6,-	25	25	3400,-	1,70	90 %
Klei + folie in tabud	Bodem 1,5 m onder grondw. niv. Kwel. Zavel, GT V	26.500,-	13,-	25	25	4150,-	2,10	90 %
Hydrologische isolatie	Bodem onder grondw. niv. Ringdrainage. Zw. Zavel, GT IV	6000,-	3,-	25	25	2950,-	1,50	90%
Adsorptielaag	Bodem boven grondw. niv., Zandgrond, GT V	10.000,-	5,-	5	5	4350,-	2,20	>95%

In de kosten zijn afschrijvingen, gemiddelde rentelasten, monitoring en elektra (bij hydrologische isolatie) verwerkt. Tot de kosten worden alleen de kosten van bodembeschermende voorzieningen gerekend. De kosten van het leeghalen van het bassin zijn buiten beschouwing gelaten, omdat die voor alle bassins gelijk zijn. Tevens is op basis van de metingen de emissiereductie bepaald die haalbaar lijkt. Deze reductie is betrokken op de bodembelasting (vracht) die in een situatie zonder bodembeschermende voorziening zou optreden. Bij klei afdichtingen en hydrologische isolatie zijn de positieve effecten van afbraak en adsorptie van bestrijdingsmiddelen in spoelgrond en bodem niet meegerekend.

Uit tabel 10 blijkt dat de jaarlijkse kosten uiteenlopen van f 1,50 tot f 2,20 per m³ opslag ruimte. De kosten van monitoring maken voor 50 – 60% uit van de jaarlijkse kosten.

Toepassingsmogelijkheden

Ervaring met de aanleg van spoelbassins heeft aanwijzingen opgeleverd voor omstandigheden waarin bepaalde alternatieven een goede bodembescherming bieden. (tabel 8).

Tabel 6 Geschiktheid bodembeschermende voorzieningen in relatie tot grondsoort, hydrologische gesteldheid en aanlegdiepte bassin

Bodembeschermende voorziening	Hydrologische situatie	Bodem bassin boven grondwater niveau	Bodem bassin onder grondwaterspiegel	
			Peil bassin boven grondw. niv.	Peil bassin op of onder grondw. niv.
Klei + klei in taluds	Kwel	Kl	Zan, Zav, Kl	M
	Wegzijging / neutraal	-	Zv, Kl	Zan, Zav, Kl
Klei + folie in taluds	Kwel	Kl	Zan, Zav, Kl	M
	Wegzijging / neutraal	-	Zav, Kl	M
Klei + folie in taluds + hydrologische isolatie	Kwel	Zan, Zav, Kl	Zan, Zav, Kl (M)	M
	Wegzijging / neutraal	+	Zn, Zav, Kl	Zan, Zav, Kl
Adsorptie laag	Kwel	Zan, Zav, Kl	Zan, Zav, Kl	M
	Wegzijging / neutraal	Zav, Kl	Zan, Zav, Kl (1)	Zan, Zav, Kl (1)

- M waarschijnlijk geen voorziening nodig en kan worden volstaan met monitoring
 (1) Problemen tijdens aanleg mogelijk
 Zan Zand / leem en lössgronden
 Zav Zavelgrond (<25% lutum
 Kl Kleigronden (> 25% lutum

In kwelgebieden lijkt een bodembeschermende voorziening niet nodig als het peil in het bassin niet al te hoog boven de grondwaterspiegel staat. In gebieden met een grote kweldruk kan een kleilaag ongewenste instroom van kwelwater voorkomen. In zulke gebieden kan dus met een enkelvoudige voorziening worden volstaan.

De ervaring met een klei-afdichting in Raalte leert, dat in situaties waarin het verschil tussen het peil in het bassin en het grondwaterniveau relatief groot is, de lekverliezen groter zijn dan het neerslag overschot. Juist omdat het in de praktijk tegen valt om klei zwaar te verdichten, wordt dit alternatief als enkelvoudige afdichting ontraden voor zulke situaties. Aanvullende voorzieningen zijn nodig.

Afdichting met klei of leem aangevuld met een hydrologische isolatie is een goede oplossing voor zandgronden.

Alleen hydrologische isolatie is geschikt op (relatief zware) kleigronden en op zandgronden als het peil in het bassin zich rond het grondwaterniveau beweegt. In dat geval is een goede sturing van de pomp noodzakelijk.

Adsorptie lagen lenen zich voor bassins op zandgronden met een bassinpeil op ongeveer het grondwaterniveau. Alleen dan blijft voldoende water in het bassin achter voor recirculatie. Ook op kleigronden is dit alternatief geschikt. In kwel-situaties en Bij bassins met de bodem onder de grondwaterspiegel op goed doorlatende gronden (zandgrond en lichte zavel) kunnen problemen met de aanleg worden verwacht.

Handhaving en kwaliteitsborging

De bedoeling van de bodembeschermende voorzieningen is om de belasting van de bodem terug te dringen om daarmee bestaande situaties te verbeteren of om in nieuwe situaties bodemverontreiniging zoveel mogelijk te voorkomen. Handhaving van verleende vergunningen kan dan ook gericht worden op het beoordelen van de mate waarin aan de doelstelling is voldaan. Van belang daarbij is: (1) de uitgangssituatie van de bodem (locatiespecifiek nul-onderzoek), (2) het gerealiseerd beschermingsniveau direct na de aanleg en (3) het functioneren van de voorzieningen na de aanleg en (4) vastleggen van de situatie na ontmanteling van de voorziening (locatiespecifiek eindsituatieonderzoek).

Onderzoek, inclusief het nemen van monsters, en inspecties dient door onafhankelijke en deskundige personen te worden uitgevoerd.

Te monitoren parameters betreffen de verspreiding (lekverlies metingen) bij bassins met hydrologische isolatie, aangevuld met grondwateronderzoek op een bepaalde afstand van het bassin. Bij bassins waarvan alleen de infiltratie wordt geremd, betreft monitoring het meten van het daadwerkelijk lekverlies. Monitoring bij bassins die zijn voorzien van een adsorptielaag betreft onderzoek van de adsorptielaag en de bodem onder de adsorptielaag. Gelet op de traagheid van de processen, wordt aanbevolen om de monitoring een keer per vijf jaar uit te voeren.

Gelet op de verwachte praktijk waarbij de bollentelers de voorzieningen in eigen beheer of met eigen middelen aanleggen, is het aan te bevelen een handleiding samen te stellen voor de aanleg en controle van de gerealiseerde kwaliteit.

1 Inleiding

1.1 Varianten

Bloembollen in Nederland worden geteeld op gronden waarvan de samenstelling uiteen loopt van grof zand tot lichte klei met een organische stof gehalte tussen 1 en 10%. De hydrologische gesteldheid varieert ook: gemiddelde grondwaterdieptes van 0,6 tot 1,2 m onder maaiveld met fluctuaties van een enkele decimeter tot ruim 1 m. In het algemeen worden bollen geteeld op gronden met een grondwaterstand niet dieper dan 1,25 m en fluctuaties die tot een of enkele decimeters beperkt blijven. Afhankelijk van de locatie treedt er kwel op, is er spraken van geen kwel of wegzijging (kwelneutraal) of komt wegzijging voor.

Vanuit het oogpunt van aanleg en het daarvoor benodigde grondverzet bestaat een voorkeur voor bassins die met een gesloten grondbalans kunnen worden aangelegd. Daarmee wordt niet alleen op kosten bespaard, maar is herstel van de vroegere situatie ook op eenvoudige wijze te realiseren. De bodems van zulke bassins liggen in het algemeen iets onder het maaiveldniveau, maar boven de grondwaterspiegel.

Vanuit het oogpunt van emissie van verontreiniging naar het grondwater en de bodem verdient een bassins de voorkeur waarin het waterpeil op of iets onder de gemiddelde grondwater spiegel ligt. In die situatie is er een gering drukverschil en blijven lekverliezen ook zonder voorzieningen gering. Het nadeel van zulke bassins is dat de aanleg moet plaats vinden in het grondwater, waardoor (kostbare) bronnering tijdens de aanleg nodig is, er veel grond moet worden verzet en de grondbalans een overschot toont. Lokale opslag of afvoer van het overschot is daarbij nodig.

De gekozen varianten kunnen niet onder alle omstandigheden worden aangelegd. Bijvoorbeeld afdichtingen met klei / leem in zandgebieden vergt de aanvoer van dit materiaal en is relatief kostbaar, terwijl het aanbrengen van adsorptielagen in bassins in een gebied met sterke kwel uitvoeringstechnisch problematisch kan zijn.

In dit onderzoek zijn ten aanzien van de bodembeschermende voorzieningen drie principes toegepast:

1. beperken van het lekverlies uit het bassin;
2. voorkomen van verspreiding in het grondwater;
3. beperken van de bodembelasting (adsorptie).

Bij het eerste principe gaat het om het aanbrengen van een grote weerstand in de bodem en taluds waardoor de infiltratiesnelheid wordt geremd en het lekverlies dus direct wordt beperkt. Bij het tweede principe (voorkomen van verspreiding) wordt er van uitgegaan dat het lekverlies uit het bassin slechts beperkt kan worden geremd, maar dat via interceptie van het lekverlies door een drainage systeem dit verlies kan worden teruggeleid naar het bassin (of tijdens de spoelcampagne worden gebruikt voor het

naspoelen van de bollen). Het derde principe berust op het wegvangen van de verontreiniging in het spoelwater zonder daarbij de infiltratie in de bodem te remmen.

De volgende varianten en locaties zijn in het onderzoek betrokken:

- 1 Afdichting van de bodem met klei en taluds met folie in een gebied met kwel en een bassinbodem die reikt tot in het watervoerend pakket. Locatie Creil, Noord-Oostpolder. Grondsoort zware zavel.
- 2 Hydrologische isolatie in combinatie met een bodemafdichting van klei / leem. Bodem van het bassin op maaiveld en voorzien van een laag potklei en leem. In de kaden is folie aangebracht. Hydrologische isolatie met drains. Opgevangen water wordt teruggepompt in bassin. Locatie Smilde, grondsoort zand (goed doorlatend);
- 3 Hydrologische isolatie. Bodem van het bassin ver onder de grondwaterspiegel. Ringdrainage langs de kaden. Opgevangen water, afkomstig van lekverlies teruggepompt in het bassin. Locatie Hoogwoud, grondsoort klei;
- 4 Adsorptielaag. Bassin verlaagd aangelegd, maar bodem boven het grondwaterniveau. In de taluds en bodem is een laag grond gemengd met compost aangebracht om bestrijdingsmiddelen te adsorberen. Locatie Haler (L), grondsoort zand.
- 5 Afdichting met alleen een klei laag in de bodem en taluds. Dit betreft een reeds bestaand bassin en is op verzoek van het Waterschap Groot-Salland in het onderzoek betrokken. De bodem ligt boven het grondwaterniveau. Locatie: Raalte, grondsoort zand, goed doorlatend.

Bij bepaalde varianten is folie in de taluds of kaden toegepast omdat klei of op taluds met hellingen van 1:1,5 tot 1:1 niet goed verdichtkan worden.

1.2 Meetprogramma en meetmethoden

De metingen en meetmethoden zijn afgestemd op de te beoordelen principes van de bodembeschermende voorzieningen.

Metingen bij reductie lekverlies

Metingen aan voorzieningen die het direct lekverlies beogen te reduceren zijn gericht op het lekverlies vanuit het bassin. Deze betreffen alle componenten van de waterbalans van een bassin wanneer niet wordt gespoeld: (a) de verandering van het peil in het bassin gedurende de meetperiode gemeten via vier standbuizen in het bassin (op elke hoek een om de invloed van het opwaaien van water te compenseren); (b) neerslag en verdamping via de verandering van het peil in een drijvende bak (fig. 1, zie ook Aanhangsel 2).

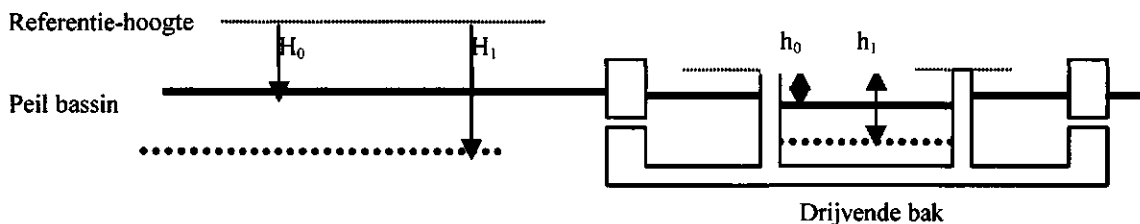


Fig. 1 Schematische weergave meetprincipe lekverlies

Deze (drijvende) bak voor het meten van neerslag en verdamping is zodanig ontworpen dat het water er in bak dezelfde temperatuur heeft als het bassin water. Bij aanvang van de meting is het niveau in de bak vrijwel gelijk aan het niveau in het bassin. De niveaus worden met een micrometer gemeten, waarmee een nauwkeurigheid van 0,01 mm haalbaar is. Het lekverlies (m/d) wordt berekend volgens:

$$\text{Lekverlies} = ((H_0 - H_1) - (h_0 - h_1)) / (T_1 - T_0)$$

Hierin is:

- H_0 peil in bassin op tijdstip 0 (mm tov. referentie niveau)
- H_1 peil in bassin op tijdstip 1 (mm tov. referentie niveau)
- h_0 peil in bak op tijdstip 0 (mm tov. rand van de bak)
- h_1 peil in bak op tijdstip 1 (mm tov. rand van de bak)
- T_1 tijdstip 1
- T_0 tijdstip 0

Dit lekverlies is betrokken op het nat oppervlak van het bassin.

Meting verspreiding

Bij bodembeschermende voorzieningen die bestaan uit een hydrologische isolatie treedt lekverlies op vanuit het bassin. Via een drainage systeem wordt dit verlies opgevangen en verzameld in een put waarin de interceptordrains uitmonden. Van daaruit wordt het drainwater teruggepompt naar het bassin of wordt tijdens het spoelproces gebruikt voor het naspoelen van de bollen. De meting bestaat uit twee onderdelen. De eerste betreft de vaststelling van het lekverlies, waarbij de pomp is uitgeschakeld. Deze meting is geheel gelijk aan de meting voor het bepalen van de reductie van het lekverlies. De tweede meting is gelijk aan de eerste meting, maar nu met ingeschakelde pomp. Het lekverlies betreft de verspreiding in het grond- en oppervlaktewater. Verspreiding naar het diepe grondwater komt alleen voor in situaties waarin wegzijging voorkomt.

Verspreiding is in dit geval het gemeten lekverlies bij ingeschakelde pomp en wordt betrokken op het nat oppervlak van het bassin.

Gehaltes/stoffen

Tijdens het spoelseizoen zijn de gehalten gemeten van de (gids)parameters carbendazim, tolclofos-methyl en prochloraz. Deze metingen zijn een of meerdere

keren uitgevoerd in (1) spoelwater, (2) spoelgrond, (3) drainage water bij hydrologische isolaties en (4) in de bodem onder de adsorptielaag en in de adsorptielaag zelf. De analyses zijn uitgevoerd door TAUW Laboratorium te Deventer. Ook zijn in het grondwater onder de bassins te Creil, Smilde en Hoogwoud chloorhoudende bestrijdingsmiddelen en PCB volgens een GC-ECD bepaling gemeten door Tauw Laboratorium. Het betrof de middelen HCH's, heptachloor en -epoxide, de drins, DDT, DDE, DDD, Endosulfan en -sulfaat en 7 PCB's (28 - 180).

2 Constructie en werking bodembeschermende voorzieningen

In dit hoofdstuk wordt de constructie van de bodembeschermende voorzieningen schematisch weergegeven. Een samenvatting is gegeven van de kostenbepalende factoren en de aanlegkosten van de voorziening. De kosten van aanleg van een bassin zijn hierin niet opgenomen. Resultaten van de metingen van het lekverlies of verspreiding en de effectiviteit van de voorziening zijn hier eveneens gepresenteerd. De onderzochte varianten zijn gerubriceerd op basis van de toegepaste principe van bodembescherming.

2.1 Beperking lekverlies

2.1.1 Locatie Creil

Het bassin te Creil is bedoeld voor opvang van spoelgrond van 25 ha tulpen en 20 ha lelies en ligt in een gebied met zogenaamde vlakvaaggronden (Sn13Aw). De bodem bestaat uit een zandgrond met kleiig en uiterst fijn en zeer fijn zand. Vanaf 80 cm komt moerig materiaal voor (Bodemkaart van Nederland 1:250.000, STIBOKA, 1985). Het grondwater niveau schommelt rond 1 m onder maaiveld en hoort tot grondwater trap V. In het gebied komt kwel voor, veroorzaakt door het relatief hoog peil in het IJsselmeer en de betrekkelijk goed doorlatende ondergrond. De moerige laag vormt gedeeltelijk een afsluitende laag.

Afhankelijk van de hoeveelheid spoelgrond wordt het bassin een of meerdere keren per jaar leeggehaald.

2.1.1.1 Ontwerp bassin

De pompcapaciteit van de spoelmachine bedraagt maximaal 200 kubieke meter per uur. De voorzieningen zijn aangebracht in een bestaand bassin met een inhoud van 1175 m³.

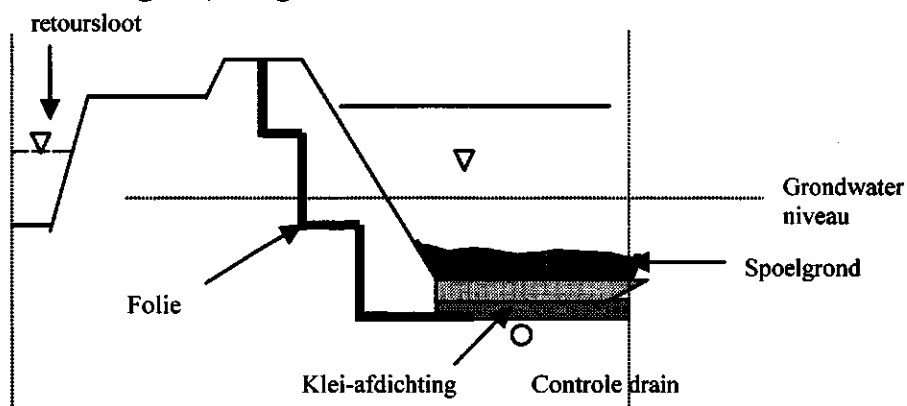


Fig. 2 Schematische doorsnede bassin met kleiafdichting en folie in de kaden

Dit bassin dient als eerste bezinkbassin en heeft een overloop naar een bassin van 600 m³, die weer een overloop heeft naar een bassin van 350 m³. Het eerste bassin is in het onderzoek betrokken. De bodembeschermende voorziening bestaat uit een foliescherm (PVC-landbouwfolie) in het talud en een bodemafdichting met klei. Om geschikte klei te verwerven zijn verschillende partijen lokale spoelgrond onderzocht, maar bleken ongeschikt voor het realiseren van een goede afdichtinglaag. Het kleigehalte lag te laag. Granulaire analyse van de spoelgrond uit het bassin te Creil lieten zien dat het kleigehalte van spoelgrond die ver van het inlaatpunt verwijderd was bezonken hoger was dan dat van spoelgrond die dicht bij het inlaatpunt was bezonken. Van deze partij is de doorlatendheid bepaald. Daartoe zijn natte monsters langs natuurlijke weg gedroogd (aan de lucht) en vervolgens in de meetopstelling ingebouwd. De metingen zijn gedurende 65 dagen uitgevoerd. De doorlatendheid van de verzadigde monsters varieert van 1,3 – 3,3 10⁻¹⁰ m.s⁻¹. De spreiding is gering. Dit materiaal is gebruikt voor de afdichting.



Aanbrengen van folie in taluds van het bassin te Creil

2.1.1.2 Uitvoering

De spoelgrond is naast het bassin in een relatief dunne laag neergelegd om te laten drogen. In natte toestand is het volume gewicht te gering en bovendien kan die natte grond niet worden verdicht, wat nodig is om een goede afdichting te maken.

Tabel 1 geeft de samenstelling van het afdichtingmateriaal. Dit materiaal kan worden omschreven als een zeer lichte klei. In de taluds is folie aangebracht omdat de helling

te steil is om klei voldoende te verdichten. De folie is op minstens 0,3 m onder het talud oppervlak trapsgewijs aangelegd. Dit voorkomt afschuivingen van de grond over het gladde folie-oppervlak (zie foto).

Tabel 1 Granulaire samenstelling kleiafdichting

Parameter	Eenheid	Analyse resultaat
PH-KCL	-log(H+) in suspensie	7,0
Organische stof	G/100 luchtdroog	5,4
CaCO ₃	G/100 droge stof	5,4
0 - 2 µm	% v.d. minerale delen	20,1
2 - 16 µm	Idem	12,6
16 - 50 µm	Idem	27,4
50 - 105 µm	Idem	28,9
> 105 µm	Idem	11,0

Aanvankelijk was de aanleg gepland in mei 1998. De klei droogde echter langzaam en dat werd nog vertraagd door overvloedige regenval. De eerste spoelcampagne werd bovendien eerder gestart in verband met de natte omstandigheden waaronder de bollen geoogst waren. De voorziening zijn in week 39-40, '98, aangelegd. Het bassin is leeggepompt en om te voorkomen dat door de druk van het grondwater (de bodem ligt ca. 1,5 m onder het grondwaterniveau) de aangelegde kleiafdichting opbarst is een bronnering nodig. De bronnering was aanvankelijk als een diepliggende ringdrainage aangelegd maar bleek tijdens de aanleg slecht te werken. Als alternatief zijn twee drainbuizen onder de het aanleg niveau van de kleiafdichting aangebracht en op een verzamelput aangesloten. Dit bleek afdoende. Deze drains zijn naderhand gebruikt voor het bemonsteren van het grondwater direct onder het bassin.

2.1.1.3 Kosten

De kostenbepalende factoren voor dit type voorziening betreffen (1) het verruimen van het bestaand bassin tbv. de aanleg van de folie en de kleiafdichting, (2) de aanleg van een bronnering (tevens controledrain) plus opvang put waarin de drains uitmonden, (3) de aanschaf van folie en klei, (4) het aanbrengen van de folie en afwerking taluds, (5) het aanbrengen, verdichten en afwerken van de bodem van het bassin. Daarnaast kan een vergunning verlangen dat de uitgangssituatie wordt vastgelegd met een zogenaamd 'nul'-onderzoek.

De jaarlijkse kosten worden bepaald op basis van de afschrijving en onderhoud van de voorziening, kosten van monitoring, het leeghalen van het bassin en afvoer van de spoelgrond. Deze laatste kosten zijn in de berekening van de jaarlijkse kosten buitenbeschouwing gelaten omdat ze geen onderdeel uitmaken van de bodembeschermende voorziening. Overigens kan een snelle verwijdering van spoelgrond uit het bassin (=verwijderen van de bron) als een bodembeschermende maatregel worden opgevat.

Frequente monitoring van het grondwater heeft geen zin omdat de meeste bestrijdingsmiddelen aan de bodem adsorberen en in de bodem worden afgebroken.

Bij een bepaald lekverlies en dan nog na langdurig gebruik van het bassin kan het gehalte in het grondwater toenemen. Voorlopig is aangenomen dat een bemonsteringsfrequentie van 1 keer per 5 jaar voldoende is.

De aanlegkosten van de bodembeschermende voorzieningen voor dit bassin, inclusief het nul-onderzoek (1.500,-) en vooronderzoek aan de klei (1.500,-) bedragen f15.500,- (f13,2 per m³).

2.1.1.4 Lekverlies

Gedurende de meetperiode was het verschil tussen neerslag en verdamping 23,24 mm en het verschil in niveaus 25,71 mm (stijging). De grondwaterstanden lagen op 0,999 m onder het bassin niveau op een afstand van 2 m van het bassin en 1,026 m op een afstand van 20 m van het bassin. Omdat het niveau in het bassin hoger is dan het grondwater niveau zou men een lekverlies verwachten. De metingen geven echter aan dat het niveau is gestegen ten gevolge van een netto toestroming vanuit de bodem naar het bassin. Deze kwel (0,8 mm/d) is het gevolg van een direct contact tussen het diep gelegen bassin en het watervoerend pakket waarin de overdruk heerst.

Ter controle op het effect van kwel is in april 1999 weer gemeten. Het verschil tussen neerslag en verdamping bedroeg nu 12,55 mm gedurende de meetperiode en de stijging van het niveau in het bassin (geen spoelgrond) bedroeg 12,52 mm. Dit duidt op een gering verlies van 0,015 mm per dag. De grondwaterstanden lagen nu 0,40 m onder het niveau van het bassin op een afstand van 2 m en op 0,43 m onder het niveau op een afstand van 20 m.

2.1.1.5 Kwaliteit spoelwater en spoelgrond en grondwater

Spoelwater en spoelgrond is geanalyseerd op de componenten carbendazim, prochloraz en tolclofos-methyl. Tabel 2 geeft de resultaten. Ter controle van de kwaliteit van het grondwater direct onder de kleiafdichting zijn watermonsters uit de controledrain genomen.

Tabel 2 Analyseresultaten van spoelwater, spoelgrond en in controledrain te Creil (einde spoelseizoen).

Datum	Carbendazim		Prochloraz		Tolclofosmethyl	
	Spoelgrond (µg/kg)	Spoelwater (µg/L)	Spoelgrond (µg/kg)	Spoelwater (µg/L)	Spoelgrond (µg/kg)	Spoelwater (µg/L)
29/01/99	<0,1	0,2 (m)	<26	0,69	<10	0,01
26/04/99		< 0,2		0,54		0,099
Controle- drain 29/01/99		0,2 (m)		< 0,1		< 0,01
Controle- drain 26/04/99		< 0,2		< 0,1		< 0,01

(m): wegens storende invloed van bodemmatrix is verbinding niet met zekerheid te bepalen. Werkelijk gehalte zeker lager dan opgegeven gehalte

In de controle drains is het gehalte aan prochloraz minder dan 0,1 µg/l en tolclofos-methyl <0,01µg/l. De gehalten in de bodem direct onder de afdichtinglaag zijn in april '99 bemonsterd. Deze zijn: carbandazim < 10 µg/ kg, prochloraz <0,1 mg/ kg en tolclofos-methyl < 10 µg/ kg. Deze resultaten bevestigen het beeld dat kwel overheerst en er geen emissie naar de bodem optreedt. Daarnaast is het drainwater op 26/04/99 onderzocht op de aanwezigheid van chloorhoudende bestrijdingsmiddelen en PCB door middel van een GC-ECD bepaling door Tauw Laboratorium. Het betrof de HCH's, heptachloor en -epoxide, de drins, DDT, DDE, DDD, Endosulfan en -sulfaat en 7 PCB's (28 – 180). De gehalten van deze middelen liggen alle onder de detectiegrens (< 0,01 µg/l).

2.1.1.6 Conclusie klei / folie afdichting (kwel gebied)

Geconcludeerd kan worden dat bassins in een kwelgebied, waar de bodem direct in contact staat met het watervoerend pakket, volstaan kan worden met het aanbrengen van een afdichting in de taluds. Deze afdichting voorkomt het zijdelings weglekken van het spoelwater. Bij de uitvoering is bronnering nodig om het opbarsten van de bodem door de kweldruk te voorkomen en kan eenvoudig worden gerealiseerd met drainbuizen onder het aanlegniveau van de afdichtinglaag. Deze drains dienen te worden aangesloten op een put waarin het peil beheerst wordt met een pomp. Naderhand lenen deze drains zich voor monitoring van de kwaliteit van het grondwater. Het bassin moet voor de aanleg van de folie en de kleilaag aanzienlijk worden verruimd. Het aanbrengen en weer afdekken van de folie dient zorgvuldig te gebeuren en moet spanningvrij worden aangelegd. De aanlegkosten bedragen f 13,2 per m³ bassinhoud. Uit de metingen kon geen lekverlies worden afgeleid.

De eigenaar laat het bassin door een vaste loonwerker leeghalen. Deze is bekend met de situatie, waardoor beschadiging van de folie wordt voorkomen. Het is aan te om tijdens de aanleg zichtbakens in de taluds en bodem aan te brengen.

2.1.2 Bassin Raalte

In het onderzoek is door bemiddeling van het Waterschap Groot Salland nog een tweede bassin met een klei/leem afdichting betrokken. De doelstelling van het onderzoek van het waterschap was om te onderzoeken in hoeverre de belasting van het oppervlakte water op praktische wijze kan worden teruggedrongen door recirculatie van spoelwater. De gevolgen daarvan voor de bodemkwaliteit zijn niet onderzocht.

De bodem te Raalte bestaat uit een zandgrond (fpZh23) met een goed doorlatende zandondergrond. De grondwaterstanden fluctueren van 0,5 tot 0,7 m -mv, waarmee het grondwatersysteem in de grondwatertrap IIIb valt. Er is geen sprake van kwel of wegzijging (kwel neutraal). Bekleding van het bassin met een afdichtende kleilaag is op deze grond en onder deze condities nodig om voldoende water in het bassin te houden voor recirculatie.

2.1.2.1 Ontwerp

Het gehaal aan spoelbassins omvat drie bassins met een gezamenlijke inhoud van 3000 m³. Het eerste bassin heeft een inhoud van 1500 m³ en de overige ieder 750 m³. Een controledrain is aangelegd voor het volgen van de kwaliteit van het grondwater naast het bassin.

De afdichtinglaag van het spoelbassin bestaat uit 0,4 m rivierklei dat naar boven toe op de taluds uitwigt tot 0,1 m op het niveau van de hoogste waterniveau (fig. 2). De bloembollen (35 ha lilies) worden gespoeld met gerecirculeerd water bij een capaciteit van ruim 80 m³/u in de maanden november/december.

Om beschadiging van de kleiafdichting tijdens onderhoud te voorkomen is op het naastgelegen gebouw een signalering aangebracht die reageert op een laser die op de kraan is gemonteerd waarmee de spoelgrond uit het bassin wordt verwijderd.

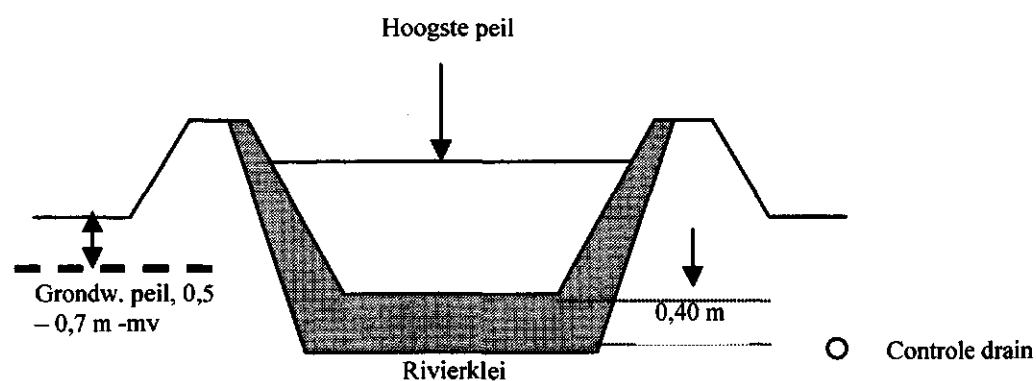


Fig.3 Schematische dwarsdoorsnede bassin met kleiafdichting te Raalte

2.1.2.2 Uitvoering

Van de uitvoering zijn geen bijzonderheden bekend.

2.1.2.3 Kosten

De kosten van de aanschaf en aanbrengen van de klei in het grootste bassin bedragen volgens opgave van het waterschap Groot Salland ca. f7.000,- (f4,70 / m³)

2.1.2.4 Lekverlies

Het gemeten lekverlies bedraagt 4,9 mm per dag. Het grondwater niveau varieert van 0,5 tot 0,7 m onder maaiveld. Het verschil in de grondwaterstand naast het bassin en op 20 m afstand is zeer gering: 0,1 cm. Dat betekent dat de ondergrond een zeer hoge doorlatendheid heeft. Uit de metingen is de gemiddelde doorlaatfactor voor water van de afdichting afgeleid: 2,3 · 10⁻⁸ m.s⁻¹. Deze is voor een klei-afdichtingen aan de hoge kant.

2.1.2.5 Kwaliteit Spoelwater en grondwater

Het gehalte carbendazim in het spoelwater bedroeg ca. 6,5 µg/l, prochloraz 1,6 – 3,0 terwijl tolclofos-methyl kon niet worden aangetoond. Geen van deze stoffen konden in het drainagewater worden aangetoond(gehaltes resp. <0,1; <0,25 en 0,01 µg/l, dus alle onder de detectiegrens).

2.1.2.6 Conclusie klei afdichting

De doelstelling om de belasting van het oppervlaktewater terug te dringen en recirculatie mogelijk te maken is gelukt. De aangebrachte kleiafdichting in het spoelbassin remt de infiltratiesnelheid voldoende, maar het lekverlies naar de bodem is toch nog betrekkelijk groot. Waarschijnlijk is het onvoldoende gelukt om een voldoende verdichting op de taluds te realiseren.

2.2 Hydrologische isolatie

Van de variant met hydrologische isolatie zijn twee oplossingen toegepast. De eerste betreft toepassing van dit principe op een zandgrond bij een bassin waarvan de bodem ver boven de grondwaterspiegel ligt en een bodem afdichting van klei (potklei / leem) nodig is om infiltratie (lekverlies) te remmen en recirculatie mogelijk te maken. De tweede variant betreft een bassin in een gebied met relatief zware zavelgrond, waarvan de bodem ver onder de grondwaterspiegel en geen bodemafdeling bezit.

2.2.1 Bassin te Smilde (met kleiafdichting)

De variant hydrologische isolatie met een minerale afdichtinglaag is nieuw aangelegd op een bedrijf te Smilde. De bodem is opgebouwd uit een dikke humeuze bouwvoor op een zandondergrond (veenkoloniale grond, type iWz). De grondwaterstanden zijn vrij diep: 1,0 – 1,5 m –mv) en behoren tot de grondwatertrap Vb. Er is geen sprake van kwel of wegzijging. De bodem van het bassin is vrijwel op het maaiveld aangelegd

2.2.1.1 Ontwerp bassin

De afmeting van de bodem van het bassin bedraagt 50 * 90 meter. De hoogte van de kaden rond het bassin is 2,50 m boven het bodemoppervlak (2,58 m plaatselijk peil). De breedte van de kruin van bedraagt 2,00 m en de taluds zijn onder een helling van 1 : 1,5 aangelegd. Het bassin is ontworpen voor het spoelen van jaarlijks ca. 100 ha lilies en kan minstens 7500 kubieke meter spoelgrond plus 1800 kubieke meter spoelwater bevatten. Bij het ontwerp is er van uitgegaan dat het bassin een keer per jaar wordt leeggehaald.

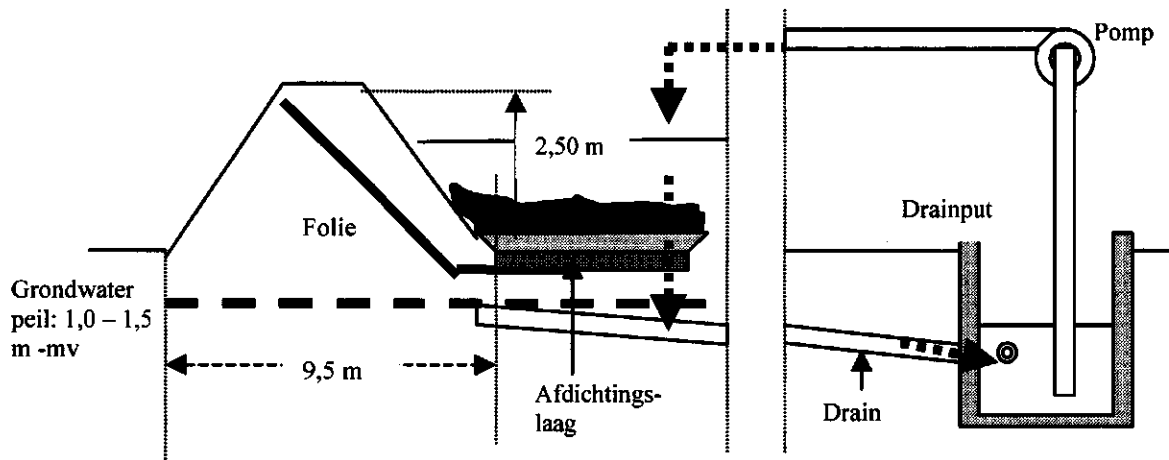


Fig.4 Schematische dwarsdoorsnede hydrologische isolatie met afdichtingslaag

In de kaden is folie aangebracht en tot ongeveer een halve meter voortgezet onder de bodem van het bassin en onder de klei/leem afdichting. Deze 0,2 m bodemafdichting sluit aan op de folie. De afdichting is afgedekt met een laag grond van 0,20 m om te voorkomen dat deze laag bij het leeghalen van het bassin abusievelijk wordt ontgraven.

Onder de bodem van het bassin zijn drains aangelegd (-2,30 plaatselijk peil) op een diepte van ca. 0,5 m onder de zomergrondwaterstand (-1,66 m plaatselijk peil) en onderlinge afstand van 8 meter. De buitenste drains liggen vlak naast de kaden. Aan de voorzijde van het bassin (~ noordzijde) zijn de drains via een T-verbinding aangesloten op een verzameldrain die op een put is aangesloten. Vanaf de T-verbinding is de drain verlengd om doorspuiten mogelijk te maken. Zowel het begin van de drain als het einde bij de doorspuitopening zijn afgedopt. De drainbuizen hebben een diameter van 0,08 m en zijn omhuld (cocosvezel). De verzameldrain is een gesloten buis met een diameter van 0,10 m.

De verzameldrain mondt uit in een put. De bodem van deze put ligt ca. 0,5 meter onder de draindiepte. Het drainagewater dat in deze put wordt opgevangen, wordt met een pomp, die door een vlotterschakelaar wordt gestuurd, teruggepompt naar het bassin. Bij een opvoerhoogte van 5 meter is de capaciteit van de pomp 1,5 l per seconde (ontwerp lekverlies 30 mm/dag). De binnendiameter van de put bedraagt ca. 1,5 m. Het schakelpeil in de drainput is instelbaar.

2.2.1.2 Uitvoering

De vergunningverlener (Gemeente Smilde) schreef een nul-onderzoek van het terrein voor en verder diende het ontwerp, een beschrijving van de bodembeschermende voorzieningen en een omschrijving van het beheer van het bassin te worden overlegd.

Het ontwerp, hoogtemetingen in het terrein, grondverzetplan, aanlegpeilen, drainafstanden, pompcapaciteit en vooronderzoek aan het afdichtingmateriaal zijn door SC-DLO uitgevoerd. Het afdichtingmateriaal is afkomstig uit een zandput in de buurt van het Fochteloërveen. Het betreft leem en potklei en geldt daar als ongeschikt materiaal. Van dit materiaal is de proctordichtheid en de doorlatendheid bepaald. Bij veldvochtgehalte is verdichting mogelijk tot 2050 kg.m^{-3} en toont daarin weinig spreiding.

De doorlatendheid is volgens de methode van de falling head gemeten en laat een aanzienlijke spreiding zien, die voornamelijk kan worden toegeschreven aan variatie in het kleigehalte. De doorlatendheid ligt bedraagt $2-33 \cdot 10^{-10} \text{ m.s}^{-1}$ (bij 100% proctordichtheid).

Het grondwerk tbv. de aanleg van het bassin is door de eigenaar zelf en met eigen materieel uitgevoerd. De uitvoeringskosten zijn getaxeerd op basis van bestede tijd en een huurprijs van materieel. De drains zijn door een gespecialiseerd bedrijf aangelegd.

De kaden zijn aangelegd met materiaal uit de bouwvoor, waardoor met een gesloten grondbalans kon worden gewerkt.

2.2.1.3 Kosten

De kosten bepalende factoren zijn: (1) aanvraag vergunning: nul-onderzoek, ontwerp en beschrijving voorzieningen, (2) veldopnamen (hoogtes, peilen), (3) maken ontwerp bassin en dimensionering interceptor drainagesysteem plus retour systeem (4) aankoop en aanvoer klei en folie (5) grondwerk, aanbrengen folie, leggen drains, aanleggen pompput plus pomp (en vlotterschakelaar) en retourleiding.

De jaarlijkse kosten bestaan uit (1) onderhoud en afschrijving bassin, (2) afschrijving en onderhoud van pomp en drainagesysteem, (3) elektra tbv. pomp, (4) monitoring kwaliteit grondwater.

De aanlegkosten bedragen voor het bassin met een inhoud van 8000 m^3 inclusief aanleg bassin f 47.500,- (f 6,-/ m^3). De bodembeschermende voorzieningen alleen (drainage, klei-afdichting, pomp en pompput): f 30.500,- (f 3,90 / m^3).

2.2.1.4 Beheer en onderhoud

Het bassin is ontworpen voor een gemiddelde situatie waarin aan het eind van het spoelseizoen 7500 kubieke meter spoelgrond in het bassin ligt. De waterdiepte aan het begin van het spoelseizoen is 0,5 m en neemt toe tot 2,0 m aan het einde van het seizoen. De spoelgrond wordt een keer per jaar ontgraven en na chemisch onderzoek als schone grond afgezet. Wegens de breedte van het bassin moet het grootste deel

van de hoeveelheid water tijdelijk worden verwijderd om het mogelijk te maken dat met dumpers in het bassin kan worden gereden (over de spoelgrond).

2.2.1.5 Lekverlies

De bedoeling van een hydrologische isolatie is om het spoelwater dat onvermijdelijk weglekt uit het bassin weer op te vangen in de drains en het terug te pompen in het bassin. Van belang is of het drainage systeem eenzelfde hoeveelheid water terug pompt als er uit het bassin lekt. Er zijn daarvoor gedurende twee perioden metingen uitgevoerd van het lekverlies. Gedurende de eerste meetperiode was de pomp uitgeschakeld en werd dus geen water teruggepompt in het bassin. Daarmee werd het feitelijk lekverlies gemeten. Gedurende een tweede periode was de pomp wel ingeschakeld. In die periode kon worden vastgesteld of de pompcapaciteit toereikend is om het feitelijk lekverlies ook op te vangen. Tegelijkertijd is het grondwaterniveau op verschillende afstanden van het bassin gemeten. Uit deze metingen en het lekverlies met uitgeschakelde pomp, zijn de stromingseigenschappen van het bodemprofiel bepaald. Deze zijn nodig om naderhand te kunnen bepalen hoe groot het zijdelings verlies is dat niet in de drains wordt opgevangen. De grondwaterstandbuizen zijn op 15 sept. 1997 in paren rond het bassin geplaatst. Van elk paar staat een buis op ca. 1 m afstand van de rand van het bassin, de andere op 20 m. De buizen hebben een filter van 1 m en zijn over 0,6 m in het grondwater geplaatst. De hoogte van de bovenkant van de buizen en het maaiveld zijn ten opzichte van het lokaal peil ingemeten.

Gedurende de eerste spoelcampagne is elke maand het grondwaterniveau in de buizen en het peil in de drainageput gemeten (zie Aanhangsel 4).

In oktober 1998 is apparatuur geïnstalleerd om de lekverliezen te meten. Tijdens deze meting zijn ook weer grondwaterstandwaarnemingen verricht.

Het peil in de drainage put dient in principe zo laag te worden gehouden dat de grondwaterstand naast het bassin gelijk of lager is dan die op grotere afstand.

Deze peilen op de meetdata waren respectievelijk: -167, -87, -87,-83,-85 cm tov plaatselijk peil. De drains zijn aangelegd op -230 cm plaatselijk peil. In de put is (ondanks herhaaldelijke verzoeken) het peil niet verlaagd. Het gevolg is dat niet al het lekverlies is opgevangen.

Het gemeten lekverlies in oktober 1998 bedroeg $0,01871 \text{ m d}^{-1}$. Het drainage systeem was ontworpen op een maximum verlies van $0,03 \text{ m d}^{-1}$. Het ontwerp laat dus een vrijwel volledige interceptie toe. De verhouding tussen verspreiding en interceptie kan theoretisch worden afgeleid en is voor deze situatie:

Verspreiding/interceptie = $1,24 * (\text{gemiddelde gradiënt}) / (\text{grondwater niveau rand bassin-peil drainageput})$.

Het gemiddeld verhang in het grondwater (gradiënt) naast het bassin is in 1997, 0,045 en tijdens de meting van het lekverlies 0,046. Tijdens de meting is de gemiddelde grondwaterstand langs de rand van het bassin $-0,375 \text{ m}$ plaatselijk peil en het niveau

in de drainage put – 0,83 m plaatselijk peil. De verhouding tussen de verspreiding en de interceptie is dus: $1,24 \cdot 0,046 / (-0,375 - (-0,83)) = 0,125$. Dit betekent dat tijdens de spoelcampagne de verspreiding 2,1 mm per dag heeft bedragen. Door het peil in de drainageput te verlagen kan ook de verspreiding verder worden beperkt. Het lekverlies uit het bassin stijgt daardoor echter wel. De mogelijkheden voor het isoleren van het bassin zijn op grond van berekeningen en metingen bepaald (tabel 3).

Tabel 3 Berekende samenhang tussen het peil in de drainageput, het lekverlies en de verspreiding van het spoelbassin te Smilde. Metingen zijn eveneens weergegeven.

Peil drainageput (cm pl. peil)	Lekverlies bassin (mm/d)	Verspreiding (mm/d)	Interceptie rendement (%)
- 85	18,7	1,9	90
-100	19,8	1,7	91
-125	22,0	1,3	94
-150	24,0	0,9	96
-165	25,0	0,7	97
1,95 m. t.m.g.			100
-200	27,0	0,15	99

In de tweede meetronde was de pomp ingeschakeld. Nu werd een netto neerslagoverschot gemeten van 18,44 mm en een stijging van 25,23 mm van het bassin niveau in de zelfde periode. Het peil in de pompput was verlaagd tot 1,95 m. Er is gedurende de meetperiode 1,7 mm/d meer water teruggepompt naar het bassin dan er via infiltratie uit was verdwenen. De berekeningen volgens tabel 3 overschatten dus het zijdelings verlies. Uit dit onderzoek blijkt dat met hydrologische isolatie in combinatie met een afdichtinglaag minstens 99% van het lekverlies kan worden opgevangen in het drainage systeem.

2.2.1.6 Kwaliteit spoelwater en spoelgrond en drainage water

De eigenaar spoelt behalve z'n eigen bollen ook die van andere telers (lelies en gladiolen). Er is daardoor geen goed beeld te krijgen van gebruikte middelen. De meest gebruikte middelen zijn (handelsnamen): olie H. en minerale olie, Mirage +E.c (prochloraz), Maneb, Sportac Ew, Karate, Goltix Wg, Parathion, Gloor IPC, Sumisclex, Carbendazim, Ronilan, Alure (prochloraz). Het spoelwater is aanvankelijk geanalyseerd op ca. 45 verschillende bestrijdingsmiddelen, fosfor en stikstof. Het P-gehalte van het spoelwater waarmee het bassin in 1997 is gevuld, bedraagt 5,7 mg/l en het N-gehalte (Kjeldal) 2 mg/l (15-09-97). De gehalten aan fosfaat (P-totaal) waren bij de volgende metingen aanzienlijk gedaald: 0,14; 0,32 en 0,03 op respectievelijk 20-10-97, 18-11-97 en 12-12-97. De oorzaak daarvan is een sterke algenbloei in oktober geweest.

Tabel 4. Analyseresultaten van spoelwater en spoelgrond, voor, tijdens en na afloop van het spoelen (bassin te Smilde).

Datum	Carbendazim		Prochloraz		Tolclofosmethyl	
	Spoelgrond (mg/kg)	Spoelwater (µg/L)	Spoelgrond (mg/kg)	Spoelwater (µg/L)	Spoelgrond (mg/kg)	Spoelwater (µg/L)
23-09-97 (1)	-	n.a	-	n.a		
18-11-97 (2)		< 0,1		5,0 (m)		
12-12-97 (3)	< 5	< 2 (h)	< 0,1	1,7 µg/L		
08-10-98 (2)		10		3,7		<0,1
29-01-99 (3)		<0,2		5,0		<0,25
26-04-99		<0,2		5,0		<0,25

(h): in verband met storende invloed bodemmatrix is bepalingsgrens verhoogd

(m): wegens storende invloed van bodemmatrix is verbinding niet met zekerheid te bepalen. Werkelijk gehalte zeker lager dan opgegeven gehalte

n.a kleiner detectiegrens

(1) vooraf aan spoelcampagne; (2) halverwege spoelcampagne; (3) na afloop spoelcampagne

Tijdens de bemonstering in oktober kon de alg nog worden waargenomen, maar bleek bij de daaropvolgende bemonsteringen volledig te zijn bezonken. De concentraties van de gidsparameters zijn in tabel 4 weergegeven.

In het drainage water dat via de drains naar het bassin wordt teruggeleid werd op 26/499 geen carbendazim en Tolclofos-methyl aangetroffen (resp. <0,2 en 0,01 µg/l), maar wel prochloraz (0,31 µg/l). In het spoelwater werd een lagergehalte gemeten: <0,25 µg/l. Op grond van die waarnemingen werd in het drainagewater geen Tolclofosmethyl verwacht. Hoewel het gemeten gehalte van 0,31 µg/l slecht weinig boven de detectiegrens ligt, is dit gehalte onverklaarbaar hoger dan in het spoelwater. Op grond van de verdeling van verblijftijd in de bodem, de afbraak en adsorptiegedrag werd van carbendazim een gehalte verwacht dat boven de detectiegrens zou liggen (fig. 5). Bij deze berekeningen is uitgegaan van de aanname dat de concentratie in het bassin niet verandert ('worst case' benadering). De drainafstand bedraagt 8 m en de drains liggen op 2,3 m onder de bodem van het bassin. Zou echter rekening worden gehouden met een afname van de gehalten in het bassin (als gevolg van het verwijderen van de spoelgrond en afbraak van carbendazim), dan is het aannemelijk dat de concentraties in het bassin met 75% teruglopen. Dit betekent voor de eindconcentratie carbendazim in het drainagewater een afname tot ca. 5-7% van de concentratie aan het eind van het spoelseizoen. Uitgaande van een gehalte van 10 µg/l, zou dit betekenen dat het gehalte van Carbendazim in het drainage water in de buurt van de detectiegrens zal liggen, zoals de metingen bevestigen.

De aanwezigheid van prochloraz is niet verklaarbaar, omdat de adsorptie er van aan de organische stof fractie bijzonder groot is.

In het spoelwater werd op 26-04-99 nog aangetroffen: som HCH's (STI-tabel) 0,35 µg/l voornamelijk bepaald door gamma-HCH, som Drins (STI-tabel) 0,04 µg/l, som DDT/DDE/DDD 0,20 µg/l.

Carbendazim in drainage water (verwacht)

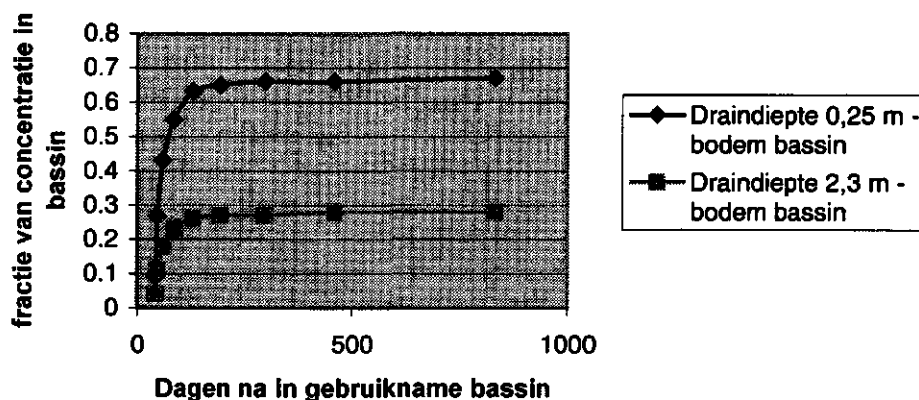


Fig. 5 Berekend verloop van het relatief gehalte van carbendazim in het drainage water van het bassin te Smilde (drains op resp. 0,25 en 2,3 m onder de bodem van het bassin, gehalten in het bassin constant, afbraak niet meegerekend)

2.2.1.7 Conclusie hydrologische isolatie met afdichtende laag

Geconcludeerd kan worden dat hydrologische isolatie in combinatie met een redelijk werkende bodemafdichting goed functioneert. Zijdelings lekverlies (verschil tussen het lekverlies en de hoeveelheid die daarvan in de drains wordt opgevangen) is minder dan 0,2 mm/dag, betrokken op het nat oppervlak van het bassin. Van het lekverlies van het bassin kan meer dan 99% worden opgevangen en teruggevoerd naar het bassin.

Om te voorkomen dat bij de sturing van de pomp op alleen het peil in de opvangput meer water wordt teruggepompt dan er aan lekverlies optreedt, zou de pomp mede gestuurd moeten worden op (1) het peil in de verzamelput, (2) het peil in het bassin en (3) het verschil in grondwaterstand direct naast het bassin en op enige afstand van het bassin.

2.2.2 Locatie Hoogwoud

De hydrologische isolatie op de locatie te Hoogwoud is aangelegd rond een bestaand bassin, dat vlak daarvoor nog was uitgebreid. De grondsoort betreft een lichte zeeklei(pMn55A) met vrij veel organische stof: 3-6%. De grondwaterstand fluctueert van 0,25 tot 1,20 m -mv, waardoor het grondwaterregime valt in de grondwatertrap II tot IV.

2.2.2.1 Ontwerp

De globale afmetingen van dit bassin bedragen 38 x 113 m² (~4500 m³). Midden in het bassin is een dijkje aangelegd, waardoor een U-vormig bassin is gecreëerd

waardoor het aan- en afvoerpunt dicht bij elkaar kunnen liggen. Spoelwater wordt in de ene 'poot' van de 'U' ingelaten. Daarin bezinkt de meeste grond bezinkt. Het bassin ligt tussen twee sloten. De afstand tussen sloot en bassin bedraagt 8-9 m. Er is geen sprake van kwel of wegzijging. Het ontwateringssysteem wordt volledig bepaald door de aanwezigheid van de sloten.

Het bassin is bedoeld voor het spoelen van 5 tot 6 ha tulpen en 14 ha lelies. Het bassin is voldoende groot om alle spoelgrond van een seizoen te bergen. Het bassin wordt daarom een keer per jaar leeggehaald.

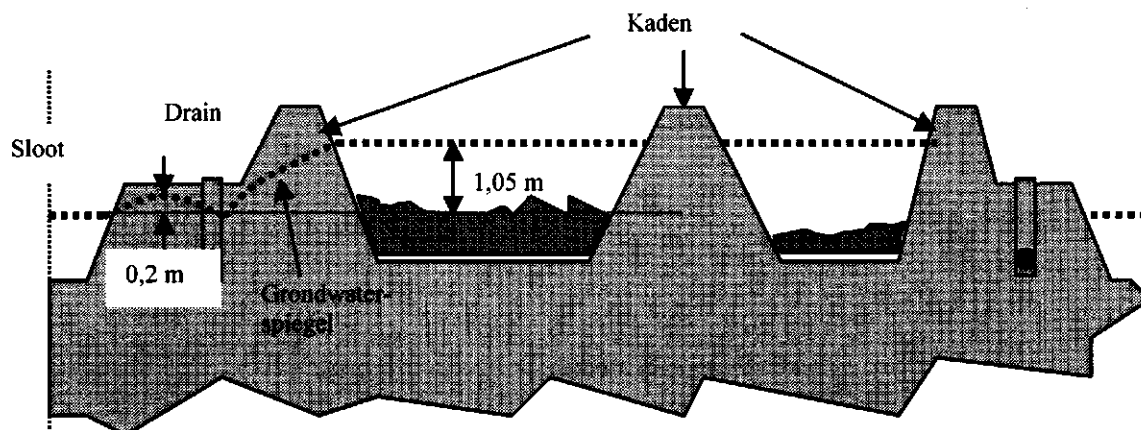


Fig.6 Schematische dwarsdoorsnede bassin te Hoogwoud (hydrologische isolatie met ringdrainage)

Drains zijn naast de kaden, tussen het bassin en de sloten, aangelegd en aangesloten op een pompput. Een pomp met vlotterschakelaar voert het opgevangen drainewater terug naar het bassin. De drains zijn onder het slootpeil aangelegd.

2.2.2.2 Uitvoering

Wegens de natte situatie naast het bassin is een sleuf gegraven met een sleuvengraver. Daarin is de omhulde drain gelegd en aangesloten op een pompput. Als gevolg van de hoge grondwaterstand tijdens de installatie van de drainbuizen liep de sleuf vol met water waardoor de drainbuis aanvankelijk op het water dreef. De buis is afgezonken door deze met water te vullen.

2.2.2.3 Kosten

De kosten bepalende factoren betreffen: (1) veldopnamen, (2) ontwerp drainage systeem, (3) aanleg drains, pompput en installatie pomp en retourleidingen. De kosten van de aanleg van de voorziening bedragen f 13.500,- (~ f 3,-/m³) (zie Aanhangsel 1).

2.2.2.4 Lekverlies

Het lekverlies is eind december 1998 gemeten in een situatie waarin het bassin half gevuld was met spoelgrond en de pomp niet was ingeschakeld. Het netto neerslagoverschot in de meetperiode bedroeg 27 mm en de daling van het peil in het bassin bedroeg in die periode 12,76 mm. Dat betekent een lekverlies van ca. 40 mm of te wel 8 mm/d. Geconstateerd is dat water door de nieuwe aangelegde kade naar buiten lekt en over het maaiveld afstroomt. Het peil in het bassin ligt 1,06 m en de grondwaterstand vlak naast het bassin 0,2 m boven het slootpeil, terwijl dat 0,16m is op een afstand van 20 m van het bassin. De zeer geringe verhoging van het grondwater niveau bij het bassin ten opzichte van het niveau op 20 m afstand duidt op een geringe gradiënt, die voor die omgeving overeenkomt met een gradiënt die hoort bij het neerslagoverschot.

2.2.2.5 Kwaliteit spoelwater en spoelgrond

In tabel 5 zijn de resultaten van de bemonsteringen weergegeven.

Tabel 5 Analyseresultaten van spoelwater en spoelgrond locatie Hoogwoud.

Datum	Carbendazim		Prochloraz		Tolclofosmethyl	
	Spoelgron d (mg/kg)	Spoelwater (µg/L)	Spoelgrond (mg/kg)	Spoelwater (µg/L)	Spoelgrond (mg/kg)	Spoelwater (µg/L)
23-12-98 (3)	<0,10	<0,95	2,2	<0,5	<0,01	<0,05

(3) einde spoelseizoen

De gehalten aan carbendazim zijn zeer gering, maar kon ook worden verwacht. De bollen worden alleen gedompeld in een carbendazim bad, waarna geen enkele bespuiting meer plaats vindt met dit middel. Op 26-04-99 zijn de gehalten aan carbendazim, prochloraz en tolclofos-methyl in het water gemeten dat via de ringdrain wordt opgevangen. De gehalten zijn resp. <0,2; 0,2 en < 0.01 µg/l. Verder is gebleken dat de gehalten van alle (som) HCH's (STI-tabel), (som) Heptachloor en -epoxide, (som) Drins (STI-tabel), (som) DDT/DDE/DDD, (som) alfa-Endosulfan en -sulfaat zijn niet aanwezig dan wel onder de detectiegrens liggen.

2.2.2.6 Conclusies hydrologische isolatie zonder afdichtende laag

De aanleg van een ringdrainage is een eenvoudig uit te voeren werk. De drain dient zo dicht mogelijk tegen de kade worden aangelegd en op een diepte van ca. 0,5 m onder de bodem van de sloot. Het peil in de pompput moet onder het slootpeil worden gehouden. Deze diepte moet zodanig worden gekozen dat met het retourwater het peil in het bassin (vrijwel) constant kan worden gehouden.

Het verspreidingsverlies kan bij een goed afgestemd peil in de pompput worden beperkt tot 2 % van de totale infiltratie. De kosten van de aanleg van de ringdrainage inclusief de pompput, pomp en vlotterschakelaar bedragen voor dit bassin f 3,- per m³ bassinhoud.

2.3 Adsorptielaag

2.3.1 Locatie Haler(L)

Het spoelbassin is al enkele jaren in gebruik. De bodem is een zandgrond met een grondwaterstand op ca. 0,8 m onder maaiveld. De fluctuaties zijn beperkt (grondwater trap V). Het bassin is bedoeld voor het spoelen van ca. 25 ha gladiolen, 30 ha lelies en 7 ha tulpen.

Spoelwater wordt aan een bron onttrokken en na gebruik met de spoelgrond in het bassin gepompt. Hierin bezinkt de aanhangend grond vrij snel. Opvallend is dat de organische stoffractie zich afscheid van de zandfractie en vooral aan het einde van het bassin bezinkt. De spoelgrond daar bevat gemiddeld 25% organische stof. Voor de experimenten is dat deel van het bassin gebruikt. Verwacht werd dat daar de concentratie van gewasbeschermingsmiddelen in de ondergrond het laagst zou zijn. Dit werd in het vooronderzoek bevestigd: in de bodem direct onder het bassin werd geen verontreiniging aangetoond. Ook bleek dat in de spoelgrond het stikstofgehalte 8,7 g/kg ds (N_{kjd}) en het fosfaatgehalte (P-totaal) 6,2 g/kg ds aanzienlijk hoger dan in de bodem onder het bassin: 0,12 (g/kg ds N_{kjd}) en 0,074 (g/kg ds P-tot) in de laag 0 – 50 cm en 0,13 g/kg ds (N_{kjd}) en 0,072 g/kg ds (P-tot.) in de laag 50 – 100 cm onder de bodem. Verwacht mag worden dat het merendeel van de bestrijdingsmiddelen geadsorbeerd is aan de organische stof en slechts een geringe hoeveelheid in oplossing aanwezig is. Met het verwijderen van de spoelgrond aan het eind van het spoelseizoen wordt dus de bulk van de hoeveelheid bestrijdingsmiddelen verwijderd.

2.3.1.1 Ontwerp

De adsorptielaag is in een bestaand bassin aangebracht in een laag van 0,15 m. Deze bestaat uit een mengsel van compost en grond (20% - 30% compost) met een droogvolume gewicht van 900 - 700 kg/m³.

- 4 Mengten van compost en grond;
- 5 Spreiden van mengsel;
- 6 Verdichten en profileren adsorptielaag;
- 7 Aanbrengen beschermingslaag.

De totale kosten bedragen f5000,- voor een oppervlak van 1000 m². (~ f5,- /m³) (zie Aanhangsel 1)

2.3.1.4 Effectiviteit adsorptie laag

De effectiviteit van de adsorptielaag wordt bepaald door de verhouding tussen de totale hoeveelheid bestrijdingsmiddelen die in de adsorptielaag is vastgehouden en de hoeveelheid die via infiltratie van spoelwater de laag instroomt. De totale hoeveelheid die in de laag stroomt is bepaald uit de totale hoeveelheid van een bepaald bestrijdingsmiddel in de adsorptielaag en de toename van de totale hoeveelheid in de ondergrond.

$$E = \frac{C_{ads} * D_{ads} * \rho_{ads}}{C_{ads} * D_{ads} * \rho_{ads} + (C_{ondergract} - C_{ondergrinitieel}) * D_{ondergr} * \rho_{ondergr}}$$

Hierin is:

- E effectiviteit (< 1)
- C gehalte (mg/kg ds)
- D laagdikte (m)
- ρ droogvolume gewicht (kg /l)
- ads adsorptielaag

Op basis van de gemeten prochloraz concentraties in de adsorptielaag en de ondergrond (tabel 7), en de volumegewichten (0,8 resp. 1,5 kg/l) blijkt dat van de totale immissie in de bodem meer dan 95 % in de adsorptielaag wordt vastgelegd.

2.3.1.5 Kwaliteit spoelwater, adsorptielaag en ondergrond

Op het bedrijf worden gewasbeschermingsmiddelen gebruikt waarin carbendazim (Bavistin) en prochloraz (Allure) wordt aangetroffen. Geen van de gebruikte middelen bevat tolclofosmethyl. De samenstelling van het spoelwater is halverwege de eerste spoelcampagne gemeten. De samenstelling van de adsorptielaag en ondergrond is vooraf aan de spoelcampagne en na afloop van de campagne gemeten (tabel 7). Deze metingen zijn gebruikt voor de bepaling van de effectiviteit van de adsorptielaag.

Tabel 7 Analyseresultaten adsorptielaag

	Stof	Datum		
		10-06-98	09-07-98	26-04-99
Adsorptielaag (mg/kg ds)	Carbendazim	<0,1		<0,1
	Prochloraz	<0,1		0,003126
	Tolclofosmethyl	< 0,01		
Ondergrond (0 - 20 onder adsorptielaag) (mg/kg ds)	Carbendazim	<0,1		<0,1
	Prochloraz	<0,1		0,000052
	Tolclofosmethyl	< 0,001		
Spoelgrond (µg/l)	Carbendazim			<10
	Prochloraz			0,48
	Tolclofosmethyl			<10
Spoelwater (µg/l)	Carbendazim	-	1,4	<0,2
	Prochloraz	-	32,0	0,54
	Tolclofosmethyl	-	0,35	0,099

Opvallend is het laag gehalte in zowel de adsorptielaag als de ondergrond. Op grond van het Prochloraz-gehalte van het spoelwater en de grote adsorptie capaciteit van organische stof voor dit middel ($K_{om} \sim 6000$ l/kg) zou het gehalte in de adsorptielaag aanzienlijk groter moeten zijn. Bij een totaal lekverlies van 500 mm en 32 µg/l Prochloraz in het infiltraat dat volledig geadsorbeerd wordt door de adsorptielaag, wordt een gehalte van 135 µg/kg ds in de adsorptielaag verwacht. De oorzaak van de relatief geringe hoeveelheid adsorptie kan als volgt worden verklaart. De eerste hoeveelheden spoelgrond bevatten evenveel prochloraz als de laatste hoeveelheden. Gelet op de verdelingscoëfficiënt (~ 6000) is het gehalte in het spoelwater aanvankelijk gering, maar neemt toe naarmate het spoelseizoen vordert. De spoelgrond die in de loop van het seizoen sedimenteert zal dan ook een steeds hoger gehalte aan prochloraz bevatten. Bij infiltratie in de bodem passeert het spoelwater de eerder gesedimenteerde spoelgrond waarvan de gehalten lager zijn dan van de laatst gesedimenteerde massa's. Tijdens deze passage zal alsnog een hoeveelheid opgeloste stof door de spoelgrond worden geadsorbeerd, waardoor de concentratie in het infiltrerend water aanzienlijk daalt. Deze concentratie is al zeer laag op het moment waarop het infiltraat in de adsorptielaag dringt.

2.3.1.6 Conclusies adsorptielaag

Een adsorptielaag is geschikt voor een bassin waarvan de bodem boven de grondwaterspiegel ligt en de infiltratiesnelheid voldoende laag is om recirculatie van spoelwater mogelijk te maken. Het aanbrengen van een adsorptielaag kan op eenvoudige wijze als de bodem van het bassin boven de grondwaterspiegel ligt. Een grondwaterstand dicht onder de bodem van het bassin vermindert de draagkracht aanzienlijk waardoor geen verdichtingswerktuigen kunnen worden ingezet. Het mengen van grond met compost is goed te realiseren met een hydraulische kraan. Ook het aanbrengen van een laag met grote nauwkeurigheid is door het kleurverschil tussen de gemengde laag en de ondergrond goed te realiseren. Bij een laagdikte van 0,15 m is ca. 30 kg droge compost per m² nodig. Op basis van gemeten gehalten van prochloraz in de adsorptielaag en de ondergrond blijkt een effectiviteit van 95 % haalbaar. Dat wil zeggen dat vergeleken met de situatie zonder voorzieningen, 95%

van de middelen die in de bodem dringen worden vastgelegd in de adsorptielaag. De aanleg kosten van de adsorptielaag bedragen f5,- per m³.

3 Evaluatie en conclusies

3.1 Effectiviteit bodembeschermende voorzieningen

Voorzieningen voor spoelbassins beogen meerdere doelen te dienen. Het eerste doel is om recirculatie van spoelwater mogelijk te maken waarmee ongewenste verontreiniging van het oppervlaktewater wordt teruggedrongen. Het tweede doel is om ongewenste bodemverontreinigingen te voorkomen.

Het eerste doel wordt al bereikt als spoelwater in voldoende hoeveelheden in het bassin aanwezig blijft gedurende de spoelcampagne. Eventuele (relatief geringe) lekverliezen kunnen eenvoudig worden aangevuld. De bescherming van de bodem is daarmee echter nog niet verkregen en zijn voorzieningen nodig om dat te bewerkstelligen. In dit hoofdstuk wordt alleen aandacht besteed aan de effectiviteit van de voorzieningen in de zin van het voorkomen of beperken van bodemverontreiniging.

De effectiviteit van de voorzieningen is gedefinieerd als de mate waarin (potentiële) bodembelastingen (=lekverlies x concentratie in spoelwater) ten opzichte van de situatie zonder voorzieningen kan worden teruggedrongen. Voor voorzieningen die het lekverlies of verspreiding beperken betreft dat de mate waarin de infiltratie in de bodem dan wel het zijdelings verlies ten opzichte van de infiltratie in de nul-situatie wordt teruggedrongen. Bij deze benadering wordt geen rekening gehouden met adsorptie en afbraak van de bestrijdingsmiddelen in de bodem. Bij remming van de infiltratiesnelheid wordt de verblijftijd van de opgeloste stoffen aanzienlijk verlengd, waardoor als gevolg van een grotere afbraak van bestrijdingsmiddelen het bodemvolume waarin grenswaarden worden overschreden sterk vermindert. Zou de effectiviteit betrokken worden op hoeveelheden bestrijdingsmiddelen in de bodem in situaties met en zonder voorzieningen, dan zou de effectiviteit van infiltratieremmingen hoger zijn dan volgens de hier gevolgde methode. De hier gevolgde benadering is gekozen omdat kennis van afbraak van bestrijdingsmiddelen onder zuurstofarme omstandigheden betrekkelijk gering is en nog omgeven met onzekerheden. De gepresenteerde effectiviteit is dus een minimum waarde.

Voor voorzieningen met een adsorptielaag is van belang welk deel van de hoeveelheid stoffen die in de bodem dringen, door de adsorptielaag worden vastgelegd.

Op basis van de opgedane ervaring zal worden aangegeven onder welke omstandigheden bepaalde voorzieningen bruikbaar zijn. Ook zal worden ingegaan op aangrijpingspunten voor de handhaving en controle van de voorzieningen.

3.1.1 Effectiviteit remming infiltratie

Het principe berust op het aanbrengen van afdichtende lagen om de infiltratie te remmen.

Afdichting met klei en folie

Dit principe is toegepast in een bestaand bassin te Creil. Dit bassin heeft een verlaagde bodem tot 1,5 m onder de grondwaterspiegel en staat onder invloed van een sterke kwel. Het bassin is afgedicht met folie in de taluds en een kleiafdichting op de bodem. Gebleken is dat soms grondwater tengevolge van de aanwezige kwel in het bassin stroomt en soms komt een zeer gering lekverlies voor. In principe kan in zulke gevallen worden volstaan met een afdichting in het talud. Voor kwelgebieden is dit een goede oplossing. De lekverliezen zijn vrijwel nihil.

Afdichting met rivierklei

Het bassin te Raalte heeft een verlaagde bodem. De grondwaterstand varieert van 0,5 tot 0,7 m onder het waterniveau in het bassin. Het lekverlies bedraagt gemiddeld 5 mm per dag. De gerealiseerde verdichting van de klei is te gering en kan in principe beter, hoewel verdichting op de taluds zeer problematisch is. Bij een aanvankelijke waterdiepte in het spoelbassin van 0,5 – 1,0 m, is deze hoeveelheid binnen een jaar in de bodemgedrongen. Gelet op de relatief hoge infiltratie zou voor dit type afdichting combinatie met een hydrologische isolatie aan te bevelen zijn.

Conclusies en aanbevelingen

Toepassing van recirculatie van spoelwater vereist beperking van het lekverlies. In zandgebieden met de bodem van spoelbassins boven de grondwaterspiegel zal altijd een infiltratieremmende laag moeten worden aangebracht. Dit beperkt weliswaar de lekverliezen, maar de infiltratie in de bodem is toch nog aanzienlijk (5 – 25 mm/d). Om de bodem in die situaties effectief te beschermen is aanvullend een hydrologische isolatie nodig.

Een enkelvoudige voorziening (kleiafdichting) is voldoende voor bassins in zandgebieden met de bodem ver onder de grondwaterspiegel en het waterpeil op of iets onder de gemiddelde grondwaterspiegel.

In kwelgebieden kunnen voorzieningen achterwege blijven indien het gemiddeld peil in het bassin vrijwel op het niveau van de stijghoogte in het diepe grondwater ligt. Ligt dit niveau aanzienlijk boven de grondwater spiegel (> 0,25 m) dan is isolatie van de taluds nodig om zijdelingse lekverliezen naar het ondiep grondwater te beperken. Een afdichtinglaag van klei heeft als functie dat zowel de in- als uitstroming naar de bodem geremd wordt.

3.1.2 Effectiviteit hydrologische isolatie

Hydrologische isolatie beoogt het lekverlies uit het bassin met een drainagesysteem op te vangen en terug te leiden naar het bassin. Als het lekverlies niet volledig wordt opgevangen, wordt gesproken van verspreidingsrisico.

Drainage plus een bodemafdichting

Het bassin te Smilde is min of meer op het maaiveld aangelegd. In deze situatie (zandgrond, diepe grondwaterstanden) is een bodemafdichting noodzakelijk om ten behoeve van recirculatie van spoelwater voldoende water in het bassin te houden. In de kaden is folie aangebracht en onder de bodem van het bassin is een klei/leemlaag van 0,20 m aangelegd. Een drainage systeem op 2,30 m onder de bodem van het bassin vangt het lekverlies op, dat teruggepompt wordt naar het bassin. Uit vooronderzoek is gebleken dat de klei / leem niet homogeen is en een grote spreiding in de doorlatendheid laat zien ondanks een goed verdichting. Met de uitvoeringsmethode is de verdichting gerealiseerd die volgens het ontwerp gerealiseerd moest worden.

Het lekverlies vanuit het bassin bedraagt 18 – 27 mm per dag. Gebleken is dat bij een juiste instelling van het peil in de verzamelput tot meer dan 99% van het lekverlies kan worden opgevangen door het drainage systeem. Het niet opgevangen deel (verspreiding) bedraagt dan minder dan 0,2 mm per dag.

Ringdrainage zonder afdichtinglaag en verlaagde bodem

Deze variant is rond een bestaand bassin met een verlaagde bodem op een kleigrond te Hoogwoude aangelegd en bestaat uit een drain rond het bassin. Naast het bassin liggen sloten op een afstand van 8-9 m. Het peil in het bassin staat 0,5 – 1,0 m boven het slootpeil. Het lekverlies bedraagt 8 mm per dag. Via het drainage systeem kan hiervan 98% worden opgevangen.

Conclusies en aanbevelingen

Hydrologische isolatie kan als primaire en als secundaire voorziening dienen. In combinatie met een minerale afdichting (zandgebieden, bodem boven de grondwaterspiegel) voldoet hydrologische isolatie als secundaire voorziening. Meer dan 99% van het lekverlies kan worden opgevangen. Om de waterbalans zo goed mogelijk in evenwicht te houden zou de pomp moeten worden gestuurd door (1) het peil in de opvangput waarin de interceptordrains uitmonden, (2) het peil in het bassin en (3) het verschil in de grondwaterstand vlak naast en op een zekere afstand van het bassin.

Hydrologische isolatie als primaire voorziening voldoet in gebieden waarin de bodem van het bassin onder de grondwaterspiegel ligt en de lekverliezen beperkt blijven (klei / zavel gebieden).

3.1.3 Effectiviteit adsorptielagen

Adsorptielagen beogen de opgeloste milieubelastende stoffen te adsorberen. Ze remmen de infiltratiesnelheid dus niet.

Adsorptielagen zijn toegepast in een bassin te Haler met een verlaagde bodem (0,5 m onder maaiveld) en een grondwaterstand van enkele decimeters onder de bodem van het bassin.

Uit het vooronderzoek is gebleken dat de spoelgrond het verst van het inlaatpunt verwijderd deel een aanzienlijk hoger gehalte aan organische stof bevat dan spoelgrond die dichtbij het inlaat punt is bezonken. De bodem (tot 1 m onder bassinbodem) onder deze spoelgrond bevat geen meetbare concentraties van de gidsparameters. Ook fosfaat en stikstof blijken zeer effectief te worden geadsorbeerd door de organische stof.

Uit het onderzoek is gebleken dat een laag van 0,15 m met 25% organische stof (compost) in staat is om minstens 95% van de hoeveelheid stof die in de laag is gedrongen, effectief vast te leggen.

Adsorptie lagen zijn toepasbaar in bassins met een beperkt lekverlies (om recirculatie mogelijk te maken) in zand en kleigebieden, met de bodem boven de grondwaterspiegel. De effectiviteit bedraagt minstens 95%.

3.1.4 Algemene conclusies mbt. effectiviteit voorzieningen

Aangetoond is dat met de onderzochte varianten een aanzienlijke reductie in de infiltratie in bodem kan worden verkregen. De toepasbaarheid en het voorzieningenniveau worden bepaald door de bodemgesteldheid, de hoogte ligging van de bodem en het waterpeil in het bassin ten opzichte van de grondwaterspiegel en de hydrologische situatie (kwel / kwelneutraal / wegzijging)

Als bassins in zandgebieden worden aangelegd met de bodem boven de grondwaterspiegel, moet een infiltratieremmende laag worden aangebracht (ivm recirculatie). Bij toepassing van lokaal verkrijgbare minerale afdichtingmaterialen (klei, leem, potklei) zal het niet lukken om de infiltratie voldoende terug te dringen en zal aanvullend een hydrologische isolatie nodig zijn. Worden daarentegen de bassins verdiept aangelegd, zodat het peil nagenoeg op het grondwaterniveau ligt, dan kan met een minerale afdichting worden volstaan (tabel 8).

Tabel 8 Geschiktheid bodembeschermende voorzieningen in relatie tot grondsoort, hydrologische gesteldheid en aanlegdiepte bassin

Bodembeschermende voorziening	Hydrologische situatie	Bodem bassin boven grondwater niveau	Bodem bassin onder grondwaterspiegel	
			Peil bassin boven grondw. niv.	Peil bassin op of onder grondw. niv.
Klei + klei in taluds	Kwel	Kl	Zan, Zav, Kl	M
	Wegzijing / neutraal	-	Zv, Kl	Zan, Zav, Kl
Klei + folie in taluds	Kwel	Kl	Zan, Zav, Kl	M
	Wegzijing / neutraal	-	Zav, Kl	M
Klei + folie in taluds + hydrologische isolatie	Kwel	Zan, Zav, Kl	Zan, Zav, Kl (M)	M
	Wegzijing / neutraal	+	Zn, Zav, Kl	Zan, Zav, Kl
Adsorptie laag	Kwel	Zan, Zav, Kl	Zan, Zav, Kl	M
	Wegzijing / neutraal	Zav, Kl	Zan, Zav, Kl (1)	Zan, Zav, Kl (1)

M – waarschijnlijk geen voorziening nodig en kan worden volstaan met monitoring

(1) Problemen tijdens aanleg mogelijk

Zan Zand / leem en lössgronden

Zav Zavelgrond (<25 % lutum

Kl Kleigronden (> 25% lutum

In gebieden met kwel kunnen voorzieningen achterwege blijven zolang het peil in de bassins laag genoeg staat om infiltratie te vermijden (onder het niveau van de stijghoogte in het diepe grondwater). Bij sterke kwel is het aan te bevelen toch een infiltratie remmende laag aan te brengen om de instroming te beperken. Indien het peil in het bassin beduidend boven de grondwaterspiegel ligt, dient zich het gevaar aan van zijdelings lekverlies door de taluds en is een afdichting in de taluds (folie) nodig om dat tegen te gaan.

Adsorptielagen zijn effectief. De keuze voor dit type bodembescherming ligt voor de hand wanneer lokaal geen minerale afdichtingmaterialen verkrijgbaar zijn en de lekverliezen uit het bassin voldoende laag zijn om effectieve recirculatie mogelijk te maken. De aanleg van adsorptielagen in bassins met bodems onder het grondwaterniveau kan problematisch zijn als de ondergrond zeer goed doorlatend is en bronnering niet effectief is (tabel 8).

Table 9 Investeringsbehoefte (excl. verwijderingskosten) bodembeschermende voorzieningen, berekend volume verontreinigde bodem en bodem belasting onder een bassin van 2000 m³, benaderd in fase 1 van dit onderzoek (Ber.) en ervaring in het praktijkonderzoek (fase 2), (Gem.)

Variant	Kosten (Kf)		Lekverlies (m ³ /j)		Max. vol. Verontrein. Bodem (m ³)		Bodembelasting (g/l)		Toelofos-methyl		Prochloraz	
	Ber.	Gem.	Ber.	Gem.	Ber.	Gem.	Ber.	Gem.	Ber.	Gem.	Ber.	Gem.
0-toest.	0	0	700	700	13.000	13.000	32	32	26	26	0,90	0,90
Klei (bodem boven grondw.)	20	9,3	60	700	1.200	13.000	3	32	2,4	26	0,09	0,90
Klei + folie in talud (bodem onder grondw. niv., kwel)	20	26,5	60	36	1.200	<1.000	3	1,6	2,4	1,3	0,09	0,05
Adsorptie (bodem boven grondw.)	25	10	700	700	550	325	1,4	<1,5	1,2	<1,3	0,04	<0,05
Hydr. Isol. (bodem onder grondw.)	60	6,0	700	700	4.000	5000	1,7	< 3,2	1,4	< 2,6	0,06	< 0,09
Hydr. Isol. + afd. laag (bodem boven grondw.)	80	7,8	700	700	4.000	3.270	1,7	< 0,3	1,4	< 0,3	0,06	< 0,01

Tabel 10 Berekende kosten en bodembelasting van de onderzochte varianten, berekend voor een standaard bassin van 2000 m³

Bodembe- schermende voorziening	Opmerking	Investering in voorzieningen		Vervangin- gs-termijn (j)	Jaarlijkse kosten (rente, afschrijving elektra, monitoring)		Emissie reductie (% t.o.v. 0- situatie)
		Totaal (gld)	Gld/ m ³		(gld./ja ar)	(gld./ m ³)	
0-situatie	350 mm/jr	0	0	-	0	0	0 %
Klei	Bodem boven grondw. niv. Zandgrond GT IIIb	20.000,-	10,-	25	3500,-	1,70	0 %
Klei/leem + hydrologische isolatie	Bodem boven grondw. niv. Drainafst. 8 m. Zandgr. GT Vb	12.000,-	6,-	25	3400,-	1,70	90 %
Klei + folie in tand	Bodem 1,5 m onder grondw. niv. Kwel. Zavel, GT V	26.500,-	13,-	25	4150,-	2,10	90 %
Hydrologische isolatie (Bodem onder grondw. niv. Ringdrainage. Zw. Zavel, GT IV	6000,-	3,-	25	2950,-	1,50	90%
Adsorptielaag	Bodem boven grondw. niv.. Zandgrond, GT V	10.000,-	5,-	5	4350,-	2,20	>95%

Om de verschillende varianten onderling vergelijkbaar te maken is voor een standaard bassin (2000 m³) de bodembelasting met drie stoffen berekend analoog aan de rekenwijze in fase 1 (Boels et al., SC-DLO rapport 567, 1998). De gehalten van de gidsparameters in het spoelwater in de praktijk bassins zijn gelijk gesteld aan de gehalten waarmee in fase 1 is gerekend.

De bodembelasting is berekend op basis van de emissiereducties die volgens het praktijkonderzoek haalbaar zijn. Er is geen rekening gehouden met een gedeeltelijke afbraak van de stoffen in het bassin en tevens is er van uitgegaan dat de gehalten in het bassin constant blijven. Voor hydrologische isolatie betreft de restemissie de verspreiding in het grond- en oppervlakte water.

De infiltratie in de bodem betreft steeds de hoeveelheid water die vanuit het bassin in de bodem infiltreert. Bij hydrologische isolatie en adsorptielagen, is de infiltratie gelijk aan de nul-situatie. De volumes verontreinigde grond die verwacht worden bij de verschillende varianten zijn analoog berekend aan die in fase 1.

Bij hydrologische isolaties bepaald de afstand tussen de interceptor drains en de diepte van de drains onder de bodem van het bassin, het maximaal volume bodem waarin het lekwater stroomt. Bij drainafstanden van 8 m bedraagt dit volume 1,6 – 2,6 m³ per m² bodemoppervlak (0,19 L + diepte drain onder bassinbodem, met L = drainafstand, zie Aanhangsel 5). In dit geval zijn de volumes bodem waarin het lekwater naar de interceptor drains stroomt onvermijdelijk en inherent aan de gekozen oplossing.

3.2 Jaarlijkse kosten versus effectiviteit

Op basis van de ervaring met de aanleg van bassins in het onderzoek, zijn de kosten van verschillende alternatieven berekend voor een standaard bassin van 2000 m³ (bovenbreedte 20 m, diepte 2 m en taluds 1:1,5). Zowel de totale investering als de jaarlijkse kosten zijn benaderd. In de kosten zijn afschrijvingen, gemiddelde rentelasten, monitoring (bemonstering grondwater) en elektra (bij hydrologische isolatie) verwerkt. Tot de kosten zijn alleen die van de bodembeschermende voorzieningen gerekend (zie Aanhangsel 7). Kosten van het leeghalen van het bassin zijn buiten beschouwing gelaten, omdat die voor alle bassins gelijk zijn. Tevens is op basis van metingen de emissiereductie bepaald die haalbaar lijkt. Deze reductie is betrokken op de bodembelasting (vracht) die in een situatie zonder bodembeschermende voorziening zou optreden (tabel 10).

Uit tabel 10 blijkt dat de jaarlijkse kosten uiteenlopen van f 1,50 tot f 2,20 per m³ opslag ruimte. De kosten van monitoring maken voor 50 – 60% uit van de jaarlijkse kosten. De emissie reductie is betrokken op de nulsituatie en niet op de lokale situatie. Immers hydrologische isolaties is de infiltratiesnelheid relatief groot, en de effectiviteit van de interceptor drains groot. Het verlies (verspreiding) wordt gerelateerd aan de 0-situatie (~ neerslagoverschot).

Uit de vergelijking blijkt dat de onderzochte varianten min of meer gelijkwaardig zijn, ongeacht het beschermingsprincipe dat wordt toegepast. Geconcludeerd kan dus worden dat alle varianten bruikbaar zijn en dat de keuze bepaald kan worden door de lokale situatie en de kosten.

3.3 Handhaving

De bedoeling van de bodembeschermende voorzieningen is om de belasting van de bodem terug te dringen om daarmee bestaande situaties niet verder te verslechteren maar te verbeteren en om in nieuwe situaties bodemverontreiniging zoveel mogelijk te voorkomen. Handhaving van verleende vergunningen zal dan ook gericht zijn op het beoordelen van de mate waarin deze doelstelling is bereikt. Te onderscheiden zijn de facetten (1) vastleggen uitgangssituatie van de bodem), (2) het gerealiseerd beschermingsniveau direct na de aanleg en (3) het functioneren van de voorzieningen na de aanleg en (4) vastleggen van de situatie na ontmanteling van de voorziening.

Onderzoek, inclusief het nemen van monsters, en inspecties dient door onafhankelijke en deskundige personen en / of instanties te worden uitgevoerd.

3.3.1 Uitgangstoestand

In alle gevallen is het vastleggen van de uitgangssituatie van belang. Daarbij moet niet van een standaard procedure wordt uitgegaan, maar dient men zich te richten op stoffen die mogelijk in de bodem kunnen geraken bij het gebruik van een speelbassin. Van die stoffen zal men moeten onderzoeken of ze al dan niet in de bodem op de locatie van het bassin voorkomen. De bemonsteringen moeten worden aangepast aan het verwacht emissie of verspreidingspatroon. Het is niet noodzakelijk om analyses uit te voeren van alle mogelijke middelen. Behalve dat deze analyses kostbaar zijn, breken de meeste in vrij korte tijd na toediening af en zullen nooit in de speelgrond worden aangetroffen. Bij voorkeur dient men zich te richten op de meer persistente middelen (gids-parameters). Naar verwachting zijn dat vooral die middelen die bij het ontsmetten van bollen worden gebruikt (bijvoorbeeld carbendazim), in het weefsel van de bol dringen of daaraan zeer sterk adsorberen, een zekere persistent karakter hebben en tijdens het rooien en spoelen van de bollen nog in de grond worden aangetroffen

3.3.2 Opleveringscontrole

Gelet op het verspreidingspatroon van de bollenbedrijven en de voorgestane aanpak door de bollen telers, is het de verwachting dat bodembeschermende voorzieningen door plaatselijke aannemers of in eigen beheer en met eigen apparatuur zal worden uitgevoerd. Certificering van aannemers die de voorzieningen aanleggen ligt niet voor de hand, gelet op het potentieel gering aantal bassins dat door de lokale aannemerij

zal worden aangelegd en de vrij hoge kosten die gemoeid zijn met het certificeren van de aanleg procedure.

Er is daarom behoefte aan een keuringsprotocol waarin is omschreven waaraan de voorzieningen moeten voldoen en op welke wijze dat kan worden vastgesteld. De keuring, dient na aanleg te worden uitgevoerd (door onafhankelijke en deskundige personen). Afhankelijk van de aard van de voorziening betreft dit naast een algehele inspectie van de voorzieningen en installaties:

- 1 Meting van het lekverlies bij voorzieningen die de infiltratie in de bodem remmen;
- 2 Meting van de (rest) verspreiding bij voorzieningen met een hydrologische isolatie;
- 3 Keuring van de dikte en gehalte aan organische stof in adsorptielagen.

Remmen infiltratie

Na de aanleg kan het nog leeg bassin visueel worden geïnspecteerd op eventuele (groe) uitvoeringsfouten en kan worden vastgesteld of de dikte en het afdichtingmateriaal overeenkomen met het ontwerp en materiaalkeuze. Daarna wordt het bassin met water gevuld en het lekverlies gemeten volgens de methode die in dit onderzoek is toegepast. De installatie van de apparatuur vergt op de locatie hooguit twee uur, inclusief de opname van de peilen. Na 5 dagen worden de peilen opnieuw gemeten en kan het lekverlies worden berekend.

Hydrologische isolatie

De bedoeling van hydrologische isolatie is om verspreiding te voorkomen. Dat betekent dat het drainagesysteem en de pomp waarmee het verlies in het bassin wordt terug gepompt, voldoende capaciteit moet hebben. Inspectie direct na de aanleg betreft visuele inspectie van het bassin, drains, verzamelrain, opvang put, pomp en vlotterchakelaar en retourleiding. Daarna wordt het bassin met water gevuld en wordt het lekverlies gemeten waarbij de pomp is uitgeschakeld. Deze meting is bedoeld om te controleren of de werkelijke infiltratie overeenkomt met het ontwerp en of de pomp voldoende is gedimensioneerd. Deze meting hoeft niet langer dan 2 dagen te duren. Aansluitend wordt de pomp ingeschakeld en wordt eenzelfde meting herhaald. De metingen in de tweede ronde is gericht op het controleren van het functioneren van de hydrologische isolatie en de juiste dimensionering van de pomp. De meetduur bedraagt ca. vijf dagen.

Adsorptielaag

Essentieel voor de adsorptielaag is (1) de dikte en (2) het gehalte aan organische stof. Inspectie direct na de aanleg richt zich daarop. De dikte van de aangebrachte laag kan eenvoudig met een gutsboor worden geïnspecteerd. Ook kunnen er monsters worden genomen voor onderzoek van het percentage organische stof. De herkomst van de gebruikte compost moet bekend zijn en van onverdachte kwaliteit. In principe moet van edelcompost worden uitgegaan.

3.3.3 Herhaalde inspecties

Inspecties aan bassins nadat deze in bedrijf zijn kunnen het best worden uitgevoerd direct nadat de spoelgrond is verwijderd.

Remmen infiltratie

Inspectie kan het visueel inspecteren inhouden van de toestand van het bassin. Van belang is de staat van onderhoud van de taluds en het al dan niet voorkomen van krimp-scheuren in een kleiafdichting. Krimp-scheuren moeten worden voorkomen door altijd een laagje water in het bassin te houden. Voorgesteld wordt om een keer per vijf jaar het lekverlies te meten volgens de methode die in dit onderzoek is gedaan

Hydrologische isolatie

Kwetsbare componenten van dit systeem zijn de drains, opvangput voor drainagewater, de pomp en vlotter-schakelaar. Inspectie betreft controle op de werking van de pomp en het visueel inspecteren van de werking van de drains. Voorgesteld wordt om een keer per vijf jaar het lekverlies te meten (met ingeschakelde pomp). Om vast te stellen of het systeem voortdurend in bedrijf is geweest, kunnen grondwatermonsters uit monsterbuizen op een zekere afstand van het bassin worden geanalyseerd op het voorkomen van de gidsparameter.

Adsorptielaag

Voor de adsorptielaag is het van belang dat deze niet wordt beschadigd tijdens het verwijderen van de spoelgrond en zijn oorspronkelijke dikte behoudt. Visuele inspectie van het bassin direct na verwijdering van spoelgrond levert snel informatie over eventuele beschadigingen. Voorgesteld wordt om een keer per vijf jaar de adsorptielaag en de ondergrond te analyseren op de gehalten van de relevante stoffen. Indien echter wordt besloten de laag dan te vervangen, kan worden volstaan met bemonstering van de bodem onder de adsorptielaag. De bodem onder het bassin moet tot minstens 0,5 m onder de adsorptielaag worden bemonsterd en geanalyseerd op de gehalten van stoffen die in dat bassin worden verwacht.

3.3.4 Eindsituatieonderzoek

Na ontmantelen van een spoelbassin zal via bodemonderzoek moeten worden vastgesteld of bodemverontreiniging is opgetreden die omvangrijker is dan de onvermijdelijke verontreiniging. Van belang daarbij is de diepte en zijdelingse verspreiding van de verontreiniging in relatie tot de oorspronkelijke bodemkwaliteit.

3.4 Alternatieve voorzieningen

In dit onderzoek zijn enkele alternatieven voor permanente bassins beoordeeld. Daarbij is uitgegaan van de meest waarschijnlijke oplossingen. Niet uitgesloten kan

worden dat andere oplossingen denkbaar zijn. In dat geval zal moeten worden aangetoond dat die oplossingen gelijkwaardig zijn aan de beoordeelde voorzieningen.

Een alternatief is bijvoorbeeld ook een tijdelijk bassin. Interessant daarvoor is de constatering in dit onderzoek dat verontreiniging van de bodem onder spoelbassins langzamer optreedt dan uit berekeningen kan worden afgeleid. Van belang is dat (1) de infiltratie in de bodem zodanig laag is dat recirculatie kan worden toegepast (< 5 mm/d), (2) de bodem en taluds van het bassin organische stof bevatten ($> 3\%$), (3) geen carbendazim verwacht wordt en (4) dat de spoelgrond zo snel mogelijk na het spoelen wordt verwijderd. Onder die condities zou men kunnen overwegen af te zien van bodembeschermende voorzieningen.

Literatuur

Boels, D, P. Groenendijk, L.C.P.M. Stuyt en Ph. Hamaker, 1998. Effectiviteit bodembeschermende voorzieningen voor spoelbassins in de bloembollensector. Wageningen, DLO Staring Centrum, Rapport 567, 74 pag.

Ernst, L.F., 1972. De bepaling van de transporttijd van het grondwater bij stroming in de verzadigde zone. Wageningen, ICW, nota 755.

Aanhangsel 1 Kosten aanleg spoelbassins

Locatie Creil

De kosten (f) van aanleg de bodembeschermende voorzieningen in het bassin te Creil (1175 m³) bedragen:

1	Geschiktheidonderzoek afdichtingmateriaal	1.500,-
2	Nul-onderzoek	1.500,-
3	Leegpompen put	1.500,-
4	Bronnering	7.440,-
5	Aanschaf + aanbrengen folie	5.000,-
6	Aanleg horizontale bronnering in bassin	1.180,-
7	Aanbrengen klei	5.000,-

Totaal aanleg bodembeschermende voorziening (bassin 1175 m³). 23.000,-

De bronnering die als een ringdrainage was aangelegd bleek slecht te functioneren. Daarom is besloten om als alternatief twee evenwijdige drainbuizen in het bassin zelf aan te leggen. Deze drains zijn op een put aangesloten. Na aanleg van de voorzieningen functioneren deze drains als controle drains voor de kwaliteit van het grondwater direct onder de kleiafdichting. De kosten van een ring-bronnering (7440,-) zijn dus te vermijden. Als de bronnering achterwege gelaten was, zoals in tweede instantie in dit project is gebeurd, blijven de kosten van de aanleg beperkt tot ca. f15.500,- (f13,- /m³)

Locatie Smilde

De kosten (f) van aanleg van een nieuw bassin plus bodembeschermende voorzieningen bedragen:

1	Aanvraag vergunning (voorbereiding, nul-onderzoek)	3.000,-
2	Terreinmetingen	800,-
3	Ontwerp en dimensionering	2.700,-
4	Begeleiding	1.000,-
5	Grondwerk (2500 m ³)	12.500,-
6	Verdichting	1.500,-
7	Drainage (800 m)	5.000,-
8	Aankoop en aanvoer afdichtingmateriaal (1000 m ³)	5.000,-
9	Aanbrengen afdichtingmateriaal	7.500,-
10	Aanbrengen folie incl. aankoop	5.000,-
11	Pompput plus pomp en schakelaar plus leidingen	3.500,-

Aanlegkosten exclusief leges (bassin 4500 m², 8000 m³) (f6,-/m³) 47.500,-

De aanleg kosten van bodembeschermende voorzieningen alleen bedragen f30.500,- (f3,80 /m³).

Locatie Hoogwoud

De aanlegkosten (f) van de ringdrainage etc. bedragen:

1 Graven sleuf (330 m)	3.300,-
2 Aanschaf drainbuis plus leggen	-1.750,-
3 Dichten sleuf en afwerken maaiveld	-1.750,-
4 Aanleg put, aansluiting drains en retourleiding	-3.000,-
3 pomp, vlotterschakelaar incl. installatie	-3.000,-
4 Vooronderzoek	-700,-

Totaal aanleg hydrologische isolatie via ringdrainage $f13.500,-$ ($\sim f3,- /m^3$)

Locatie Haler

De aanlegkosten (f) bedragen voor een oppervlak van 25 x 40 m (1000 m²):

1 Vooronderzoek	700,-
2 Aanschaf en aanvoer compost	-1.500,-
3 Verruimen bassin	-300,-
4 Mengen compost met grond en aanbrengen mengsel	-1.200,-
5 Afdeklaag aanbrengen	1.300,-

Totale adsorptielaag $f5.000,-$ ($f5,-/m^3$)

Aanhangsel 2 Meting lekverlies en bodembelasting bij kleiafdichting

Het lekverlies uit spoelbassins dient met een grote nauwkeurigheid te worden gemeten. Uitgaande van lekverliezen van 20 – 100 mm per jaar betekent op dagbasis 0,06 – 0,3 mm. Om de meting zo nauwkeurig mogelijk te kunnen doen is besloten om lastig te bepalen termen van de waterbalans, zoals de aanvoer spoelwater en de afvoer als spoelwater, zo veel mogelijk uit te sluiten. Daarom zijn de metingen uitgevoerd in perioden waarin er wordt niet gespoeld en dus ook niet de aan- en afvoer van spoelwater behoeft te worden gemeten. In dat geval bevat de balans de termen:

1. neerslag;
2. verdamping;
3. bergingsverandering;
4. lekverlies.

De termen neerslag en verdamping zijn gecombineerd door een drijvende bak in het bassin te plaatsen en de verandering in het waterniveau daarin te meten. Het niveau stijgt door neerslag (N) en daalt door verdamping (E). Het verschil tussen waterniveaus op twee opeenvolgende momenten is het verschil tussen de totale neerslag en de verdamping in tussenliggende periode (N-E).

In het bassin stijgt het waterniveau door neerslag en daalt door verdamping en lekverlies. Uit het verschil tussen waterniveau op twee opeenvolgende momenten en het verschil tussen neerslag en verdamping in die periode, wordt het lekverlies (m/dag) afgeleid:

$$\text{Lekverlies} / \Delta T = (\text{neerslag} - \text{verdamping, in meetperiode}) - (\text{niveau op } (T + \Delta T) - \text{niveau op } T)$$

Om een zekere nauwkeurigheid te bereiken moeten de niveaus met voldoende nauwkeurigheid worden gemeten. De meetnauwkeurigheid (ϵ) hangt samen met (1) de afleesfout, (δ), van meetapparatuur, het niveauverschil in het bassin en de verdampingspan op twee opeenvolgende tijdstippen:

$$\epsilon = \delta / \{N - E - H_T + H_{T+\Delta T}\}$$

Het niveau wordt gemeten via een standbuis waarin een zeer nauwe opening is aangebracht. Deze voorkomt snelle waterstandverschillen in de buis als gevolg van golfslag. Metingen van de waterhoogte worden gedaan met een micrometer zijn met een nauwkeurigheid van 0,1 mm mogelijk. Het verschil tussen neerslag en verdamping wordt gemeten in een drijvende pan waarin de waterdiepte met een micrometer wordt gemeten (nauwkeurigheid 0,1 mm) (fig. 1.1)

Bij gebruik van een nauwkeurigheid van 25% is een meetduur nodig van minstens 4 dagen bij lekverliezen $< 0,1$ mm per dag tot ca. 2 dagen bij lekverliezen van 1,5 – 2,0 mm per dag en een gewenste nauwkeurigheid van 5%.

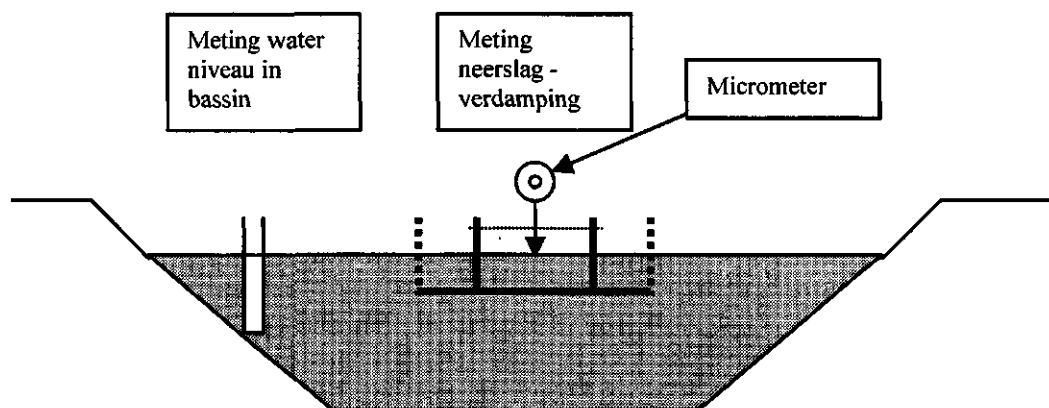


Fig. 2.1 Schematische weergave meting lekverlies bassin

De nauwkeurigheid van de metingen kan nog worden beïnvloed door de wind waardoor bij bepaalde windrichtingen het niveau in de bassins niet overal gelijk is. Dit probleem is ondervangen door de metingen van het waterniveau in het bassin op vier plaatsen te meten (bij een rechthoekig bassin in elke hoek). Verschillen worden dan geëlimineerd.

In situaties waarin de afdichtinglaag onder of juist boven het grondwaterniveau ligt, kan nog een indicatie van de doorlatendheid van de afdichtinglaag worden afgeleid het lekverlies en het verschil tussen het water peil in het bassin en het gemiddelde grondwaterniveau rond het bassin.

Aanhangsel 3 Meting en berekenen van verspreiding in grondwater bij hydrologische isolatie

Meting

Verspreiding bij hydrologische isolaties betreft de het wegstromen van water dat niet door het drainagesysteem wordt opgevangen. De grootte en richting van die stroming wordt gemeten via het grondwaterniveau in peilbuizen op verschillende afstanden van het bassin. De hoeveelheid wegstromend water per strekkende meter bassinrand (verspreiding) is gelijk aan het product van de gradiënt in het grondwater en de transmissiviteit (KD) van de bodem:

$$\text{Verspreiding (m}^3 \text{ d}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}) = \text{KD} * (\text{grondwaterstand op } X + \Delta X \text{ m} - \text{grondwaterstand op } X \text{ m}) / \Delta X$$

Rond het bassin worden peilbuizen in paren geplaatst. Een buis wordt naast het bassin geplaatst, het andere op grotere afstand. Deze afstand wordt bepaald door de lokale situatie en aanwezige ontwateringmiddelen. Elk paar buizen is representatief voor een bepaald deel van de omtrek van het bassin. Uit de metingen wordt een gewogen gemiddelde gradiënt berekend. Het gemeten lekverlies wordt omgerekend naar het verlies uit het bassin (in m³.d⁻¹) en dit weer naar een verlies per strekkende meter omtrek. De transmissiviteit van de bodem wordt verkregen door het lekverlies per meter omtrek te delen door de gewogen gemiddelde gradiënt.

Uit latere grondwaterstandsmetingen wordt een gemiddelde verspreiding berekend en deze wordt omgerekend naar een verlies per oppervlakte eenheid spoelbassin.

Berekening

Voor andere situaties kan de verwachte verspreiding worden berekend. Deze berekening is hieronder weergegeven.

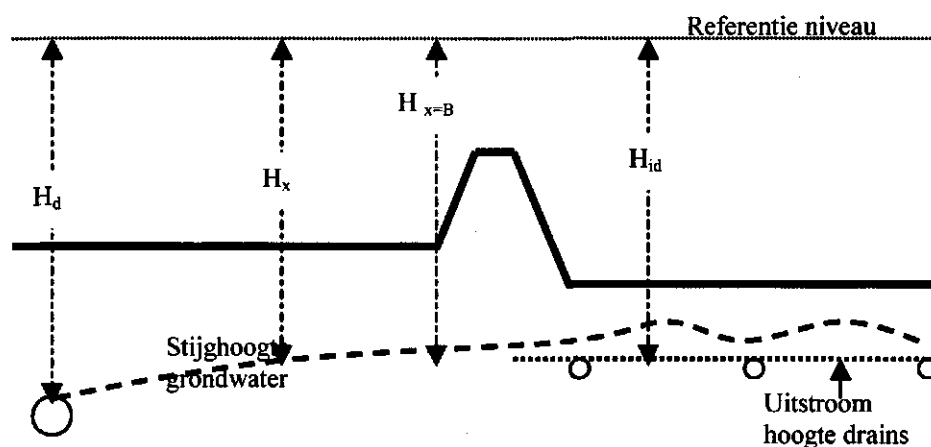


Fig. 3.1 Schematische weergave van parameters voor de berekening van verspreiding bij hydrologische isolatie

Met deze rekenprocedure is voor het bassin te Smilde de samenhang berekend tussen het peil in de pompput en het verspreidingsverlies. De basis gegevens zijn uit een set metingen afgeleid. Naderhand is een doelgerichte meting uitgevoerd om de berekeningen te verifiëren.

$$\text{Verspreiding} = -\frac{KD}{B} \gamma \lambda (e^{\gamma B} - e^{-\gamma B}) \text{ (m.d}^{-1}\text{)}$$

Hierin is:

$$\gamma = \sqrt{\frac{8}{L_s L_{id}}}$$

$$r = \frac{H_x - H_{x=B}}{x}$$

$$\alpha = \frac{I}{H_{x=B} - H_{id} - \frac{BN - \frac{N}{2}L - r}{\gamma \tanh(\gamma B)}}$$

$$\lambda = \frac{\alpha (H_{x=B} - H_{id}) - I}{2 \alpha \cosh(\gamma B)}$$

en

L_s	drainafstand naast bassin (m)
L_{id}	drainafstand onder bassin (m)
B	halve breedte bassin (m)
L	Afstand midden bassin tot eerste drain naast bassin (m)
N	gemiddeld neerslagoverschot (m/d)
$H_{x=B}$	Grondwaterniveau vlak naast bassin (m t.o.v. referentie niveau)
H_{id}	Uitstroomniveau drains onder bassin (m t.o.v. referentie niveau) (op of boven drainniveau)
H_x	Grondwaterstand op x m naast bassin (m .o.v. referentie niveau)
$H_{x=B}$	Grondwaterstand direct naast bassin (m .o.v. referentie niveau)
I	Infiltratiesnelheid (m/d)

Aanhangsel 4 Verloop grondwater niveau rond spoelbassin te Smilde

Hydrologische isolatie spoelbassin

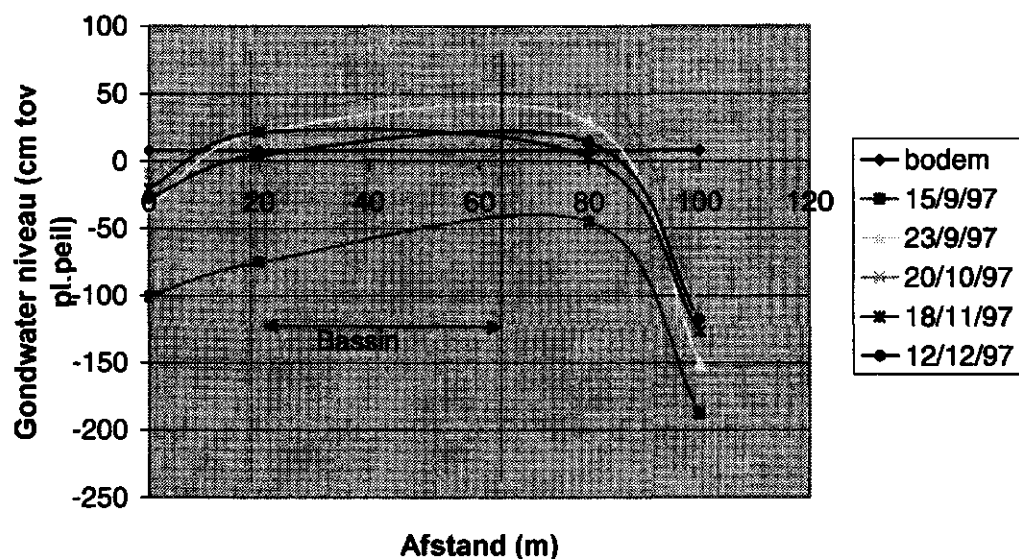


Fig.3 Verloop grondwater niveau onder spoelbassin.

Het grondwater niveau op 15 sept. '97 is de situatie waarin het bassin was aangelegd, maar nog niet gevuld was met water (fig.3). Op 23 sept. was het bassin gevuld met water. De grondwaterstanden zijn gestegen. Vanaf dat moment is de drainage in werking gesteld. De grondwaterstanden stijgen daarna nog iets. Dat is deels toe te schrijven aan de neerslag in de periode 23/9 – 20/10 (83 mm). De neerslag in de periode 20/10 – 18/11 is 24 mm en in de periode 18/11 – 12/12, 48 mm.

Aanhangsel 5 Berekening maximaal volume verontreinigde grond onder bassin (drainage aanwezig)

Het maximaal volume grond waarin potentieel verontreiniging kan optreden wordt afgeleid uit het lekverlies, de effectieve porositeit van de bodem, de afstand tussen de ontwateringsmiddelen, de diepte van het drainage systeem onder de bodem van het spoelbassin en de afstand tussen de ontwateringmiddelen (sloten/ drains).

De verblijftijdsfunctie, ontleend aan Ernst, 1972 (ICW-nota 755), wordt vermenigvuldigd met de infiltratiesnelheid (=Darcy snelheid gedeeld door de effectieve porositeit) en geïntegreerd naar de plaats vanaf het midden tussen twee evenwijdigedrainen. Het volume wordt uitgedrukt in $m^3 \cdot m^{-2}$.

Substitutie van functie voor verblijftijd en de daarbij behorende grenzen in de eerste vergelijking levert na integratie op:

$$\text{Potentieel volume} = \frac{2}{L} \int_0^L \frac{N}{\theta} t(x) dx$$

$$t(x) = \frac{\theta}{N} \frac{L}{4} \left(\frac{\pi}{8} + \ln\left(\frac{L}{4x}\right) \right) ; 0 < \frac{x}{L} < 0,25$$

$$t(x) = \frac{\pi\theta}{8N} \left(1 - \frac{2x}{L}\right)^2 ; 0,25 < \frac{x}{L} < 0,5$$

$$\text{Potentieel volume} = 0,19 L \quad (m^3 \cdot m^{-2})$$

Dit volume neemt nog toe met de diepte van de drains onder de bodem van het bassin.

Aanhangsel 6 Kostenfactoren voor de aanleg van bezinkbassins en bodembeschermende voorzieningen

Nr.	Omschrijving	Eenheid	Prijs per eenheid
1	Vooronderzoek vergunning aanvraag		3000,-
2	Ontwerp en dimensionering		2700,-
3	Begeleiding uitvoering		1000,-
4	Grondwerk		
4.1	Uitzetten	werk	800,-
4.2	Graafwerk	M ³	5,-
5	Drainage		
5.1	Aan en afvoer machine	1	2000,-
5.2	Leggen drain (incl buis)	M ¹	5,- - 10,-
5.3	Pomp, put, retourleiding	1 stuks	3500,-
6	Bronnering		
6.1	Leegpompen bassin	1 bassin	1500,-
6.2	Aanvoer drainage zand		PM
6.3	Installatie bronnering	1 stuks	7500,-
6.4	Of bronnering met drains + put	1 stuks	1500,-
7	Bodembeschermende voorzieningen		
7.1	Landbouwfolie + aanbrengen	M ²	3,50
7.2	Klei aanvoer	M ³	5,- - 14,-
7.3	Aanleg kleiafdichting	M ³	7,- - 25,-
7.4	Aankoop compost	ton	50,- - 150,-
7.5	Verruimen bassin	M ³	1,- - 3,-
7.6	Aanbrengen adsorptielaag	M ³	15,-

Aanhangsel 7 Kostenfactoren jaarlijkse kosten bodembeschermende voorzieningen

De jaarlijkse kosten van de bodembeschermende voorzieningen ten behoeve van het voorkomen van bodemverontreiniging zijn opgebouwd uit de posten afschrijving, onderhoud, energieverbruik en monitoring. Aangenomen is dat monitoring een keer per vijf jaar plaats vindt. De volgende factoren of bedragen zijn gehanteerd:

Afschrijving:

1. Kleilagen, folie	4 (% van de investering)
2. Pomp + schakelaars en leidingen	10
3. Adsorptielaag	20

Onderhoud

1. Pomp + schakelaars en leidingen	10 (% van de investering)
2. Overige voorzieningen	5

Elektra

200 kW

(op basis van een lekverlies van 2,5 mm/d,
een oppervlak van 2000 m²,
een opvoerhoogte van 2,5 m en
een pompefficiency van 75%)

Monitoring

Metten lekverlies	f2000,-	f400,- (jaarlijks)
Nemen monsters	- 500,-	- 100,-
Analyse kosten	- 4000,-	- 800,-