

**Stromingsberekeningen
verondiepen Meeslouwerplas**



1204101-000

Titel

Stromingsberekeningen verondiepen Meeslouwerplas

Opdrachtgever	Project	Kenmerk	Pagina's
Hoogheemraadschap Rijnland Provincie-Zuidholland	1204101-000	1204101-000-BGS-0008	29

Trefwoorden

Verondieping, diepe plas, Meeslouwerplas, geohydrologische beoordeling.

Samenvatting

De Meeslouwerplas in de Vlietlanden is beoogd om verondiept te worden. Deze verondieping zal plaatsvinden met tot ten hoogste klasse B geclassificeerde grond en slib. Voor de ondersteuning van de beoordeling van potentiële risico's van verspreiding van stoffen richting het grondwater wordt de Handreiking geohydrologische beoordeling herinrichting diepe plassen (De Lange 2011a) gevolgd. In deze studie zijn geohydrologische modelberekeningen uitgevoerd gericht op ondersteuning van het criterium (Handreiking, De Lange 2011, p10), dat als achtergrond heeft, dat er geen verspreiding optreedt buiten een beperkt gebied tussen de vulling van de plas en een naburig oppervlaktewater. Uit dit onderzoek blijkt dat de situatie in Fase 1 en 3 niet voldoet aan de Handreiking omdat de uitstroming niet volledig in de directe omgeving (afstand 500 meter, of oppervlakte ter grootte van de put) plaatsvindt. Echter, het maximaal beïnvloede gebied is volledig en stabiel begrensd en kan daarom als handvat voor geohydrologische beoordeling worden gehanteerd. Het beïnvloede volume is ongeveer even groot als dat van de gehele plas en sluit daarmee aan op de handreiking. In die zin is de situatie dan ook te kenmerken als beperkt beïnvloed gebied zoals bedoeld in de handreiking. Aanbevolen wordt om de geohydrologische situatie door eenvoudige monitoring te verifiëren.

Versie	Datum	Auteur	Paraaf Review	Paraaf Goedkeuring	Paraaf
	Aug. 2011				

Status
definitief

Inhoud

1 Inleiding	1
1.1 Aanleiding en doel	1
1.2 Aanpak	1
2 Bouw van het grondwater model	3
2.1 Basis van het grondwater model	3
2.2 Modeldiscretisatie	3
2.3 Verfijning model met GeoTOP	7
2.4 Schematisatie plasvullingen	7
2.5 Stroombaanberekeningen	9
3 Modelresultaten	10
3.1 Huidige situatie	10
3.2 Vulfase 1	14
3.3 Eindfase na vulling	16
4 Ondersteuning beoordeling verondieping	19
4.1 Grootte van het beïnvloede gebied	19
4.2 Vergelijking van hydrologische effecten met de aanwijzingen in de Handreiking	19
4.3 Specifieke geohydrologische aspecten voor beoordeling effecten verondieping	20
5 Opzet monitoring grondwater	22
5.1 Monitoring van de geohydrologische situatie; vaststellen van beperkt beïnvloed gebied	22
5.2 Geohydrologische aanwijzingen voor geochemische bemonstering in watervoerend pakket.	24
5.3 Geohydrologische aanwijzingen voor geochemische bemonstering in dam naar Vogelplas.	25
6 Literatuur	26
Bijlage(n)	
A Zuidgeest model	A-1

1 Inleiding

1.1 Aanleiding en doel

De Meeslouwerplas in de Vlietlanden is beoogd om verondiept te worden. Deze verondieping zal plaatsvinden met tot ten hoogste klasse B geclassificeerde grond. Voor de ondersteuning van de beoordeling van potentiële risico's van verspreiding van stoffen richting het grondwater wordt de Handreiking geohydrologische beoordeling herinrichting diepe plassen (De Lange 2011a) gevolgd.

Het Hoogheemraadschap van Rijnland heeft Deltares verzocht om de beoordeling van de verondieping van de Meeslouwerplas te ondersteunen op nivo 3 volgens de handleiding, dat wil zeggen met behulp van een eenvoudig grondwatermodel. Het Hoogheemraadschap van Rijnland heeft hiertoe Deltares verzocht om de basisberekening uit te voeren.

In het verlengde hiervan heeft de Provincie Zuid-Holland Deltares verzocht om aanvullende berekeningen ten behoeve van de beoordeling van de verondieping van de Meeslouwerplas uit te voeren. De aanvullende berekeningen betreffen berekeningen voor de tussentijdse vorm van de vulling.

Voor de modelberekeningen ter ondersteuning van de beoordeling door Hoogheemraadschap van Rijnland en de Provincie Zuid-Holland wordt hetzelfde model gebruikt en zijn dezelfde scenario's relevant. Daarom worden de modelbouw, de berekeningen en de resultaten gezamenlijk in dit rapport beschreven.

1.2 Aanpak

In dit onderzoek wordt de Handreiking geohydrologische beoordeling herinrichting diepe plassen gevolgd, die is opgesteld in opdracht van Bodemplus, Rijkswaterstaat Waterdienst en Unie van Waterschappen. De essentie van deze handleiding komt voor dit onderzoek op het volgende neer.

De beoordeling is volledig gebaseerd op geohydrologische gronden, dat wil zeggen dat de beoordeling onafhankelijk van de geochemische criteria kan worden genomen.

Er wordt hierbij uitgegaan van de bron – pad - receptor benadering. Wanneer er aan één van de onderstaande criteria wordt voldaan kan de opvulling als veilig worden aangeduid:

- Geen significante uitstroming door lage doorlatendheid vulling
- Het potentieel beïnvloed grondwater stroomt naar naburig oppervlaktewater
- Marginale uitstroming door marginaal potentiaalverschil buitenom vulling

In deze studie worden geohydrologische modelberekeningen uitgevoerd op basis waarvan de criteria kunnen worden getoetst. Daarbij wordt de analyse gericht op ondersteuning van het tweede criterium, dat als achtergrond (Handreiking, De Lange 2011, p10) heeft, “ dat er geen verspreiding optreedt buiten een beperkt gebied tussen de vulling van de plas en een naburig oppervlaktewater.”

De in de Handreiking genoemde beoordelingsniveaus 1 (zeer eenvoudig) en 2 (eenvoudig hydrologisch) kunnen in deze situatie niet worden toegepast door de complexiteit van de geohydrologie. Nivo 3 uit de handleiding beschrijft het uitvoeren van de beoordeling op basis van geohydrologische berekeningen inclusief het gebruik van stroombanen. Voor deze berekeningen wordt gebruik gemaakt van een numeriek model dat is gebaseerd op het NHI 2.1 (zie hoofdstuk 2).

De verondieping van de Meeslouwerplas zal door BAM uitgevoerd worden in 3 fases. De berekeningen worden uitgevoerd voor de situatie aan het einde van fase 1 (zandige verondieping voor noordwest oever van de zuidelijke plas) en voor de eindsituatie (zandige verondieping langs oevers rondom in de zuidelijke plas en het zuiden van de noordelijke plas). Daarbij wordt ervan uitgegaan dat er een sliblaag zal komen in de diepste delen van de plas.

Omdat de doorlatendheid van het zandige deel van de verondieping sterk kan variëren is ervoor gekozen om drie verschillende doorlatendheden te hanteren. Door deze bandbreedte ontstaat er een beter inzicht in de gevolgen van het opvullen van de plas.

In hoofdstuk 2 is de bouw van het geohydrologisch model beschreven. In hoofdstuk 3 worden de berekeningen beschreven. Eerst is de huidige situatie gesimuleerd waarin door testberekeningen de waarde van de bodemweerstand van de plas is bepaald. Daarna zijn stroombanen in de situatie aan het eind van Fase 1 en in de eindfase doorgerekend. Hoofdstuk 4 beschrijft de vertaling van de grondwaterstroming aan de hand van de Handreiking ten behoeve van de ondersteuning van de beoordeling van de effecten van de opvulling van de Meeslouwerplas op het grondwater .

2 Bouw van het grondwater model

Dit hoofdstuk geeft de onderbouwing voor de keuze van het basismodel. De geohydrologische opbouw, de modeldiscretisatie, het modeldomein, de randvoorwaarden en verfijning van de deklaag in het model worden beschreven. Tot slot wordt een beschrijving gegeven van de inbreng van de plasbodem en de verondiepingen in het model.

2.1 Basis van het grondwater model

Voor het projectgebied zijn twee modellen beschikbaar:

- Zuid-Geestmodel (Royal Haskoning, 2007 en Bijlage A)
- NHI2.1 (www.nhi.nu) dat hier direct is gebaseerd op REGISII.1.

Uit de vergelijking van het Zuid-Geest Model (ZGM) en het NHI2.1 blijkt dat de schematisatie van de eerste scheidende laag in ZGM duidelijk eenvoudiger is dan die binnen NHI2.1. De oorzaak daarvan ligt zowel in het feit dat het doelgebied van nu in het randgebied van ZGM ligt als in het gebruik van REGIS II.1 binnen NHI2.1, waarin de kennis van de ondergrond aanzienlijk recenter is. Daarom wordt voor het hier te bouwen Vlietlanden-model de NHI2.1 schematisatie en dus de REGIS II.1 gebruikt voor het watervoerend pakket en de eerste scheidende laag.

Voor deze studie kan worden volstaan met stationaire grondwaterberekeningen omdat de drijvende krachten, de waterpeilen in de omgeving systematisch door het jaar dezelfde gradiënten in het diepe grondwater veroorzaken. Dit komt doordat de verschillen tussen zomer- en winterpeil klein zijn ten opzichte van de verschillen tussen de boezem en verschillende polderpeilen.

2.2 Modeldiscretisatie

In de handreiking (De Lange 2011a) is het modeldomein gedefinieerd ten opzichte van de opvulling: 1 km stroomopwaarts en 5 km stroomafwaarts van de opvulling. Rekening houdend met de regionale stroming is het domein in deze studie iets ruimer gedefinieerd, waardoor de stroming van de duinrand tot de ondiepe Groote Westeindsche Polder en de verder weg gelegen, maar diepere Zoetermeerse Meerpolder gewaarborgd is.

Het model beslaat een gebied van 14kmx14km (Figuur 2.1).



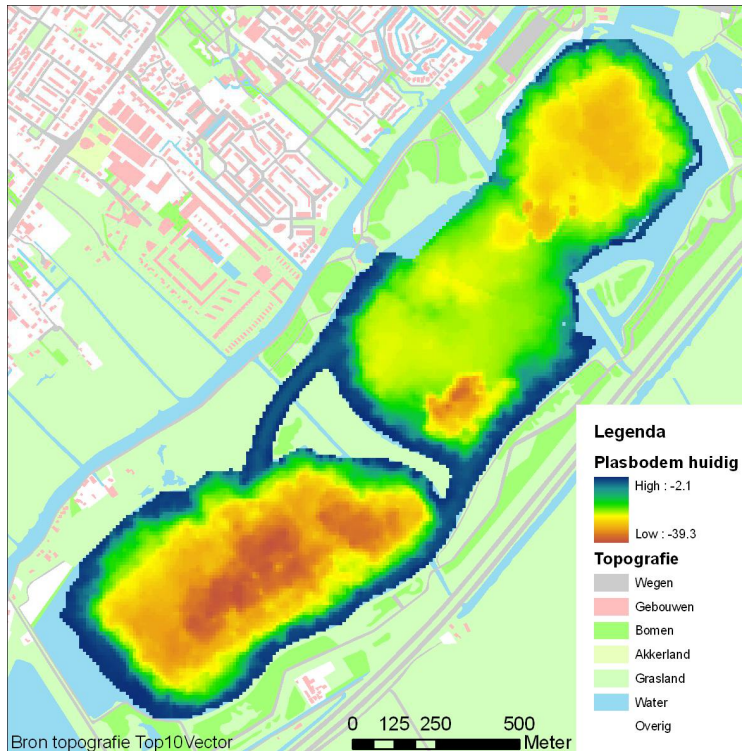
Figuur 2.1 Domein waarvoor de schematisatie is gemaakt.

De gebruikte celgrootte rond de plas voor de hier uitgevoerde analyse is fijner dan in de handreiking. In de handreiking wordt uitgegaan van 25m x 25 m in x en y richting. In dit model is uitgegaan van 10 x 10 m, zodat de kans op kortsluiting van grondwaterstroming door discretisatie beperkt wordt. De breedte van de plas beslaat hierdoor ongeveer 25 cellen.

De celgrootte over de diepte van de plas (maximaal 40 m) voldoet aan de handleiding dat wil zeggen is kleiner dan putdiepte/10 en is ongeveer 3 meter. Om kortsluiting in grondwaterstroming te voorkomen is met laagdikten van maximaal 1.5 meter gewerkt. De huidige plasbodem is afgeleid uit twee aangeleverde datasets:

- Voor het plangebied is gebruik gemaakt van puntdata, aangeleverd door BAM (in opdracht van Hoogheemraadschap van Rijnland) die ook gebruikt zijn in hun ontwerp. Hierbij is, in overleg met Hoogheemraadschap van Rijnland, aangenomen dat de gegeven waarden t.o.v. het waterpeil gegeven zijn. Voor dit waterpeil is het gemiddelde van zomer en winterpeil ten opzichte van NAP gebruikt (-0.63 m NAP). De puntdata zijn geïnterpoleerd naar een 10x10 m grid.
- Voor het gebied buiten het plangebied is gebruik gemaakt van de data aangeleverd door Hoogheemraadschap van Rijnland. De data zijn visueel gegeoreferereerd en geïnterpoleerd naar een 10x10 meter grid. De data uit deze set beslaat niet de randen van de plas. Een exacte diepte is hier niet van belang omdat hier geen opvulling plaats vindt. Voor dit gebied is een waterdiepte van 2 meter gehanteerd.

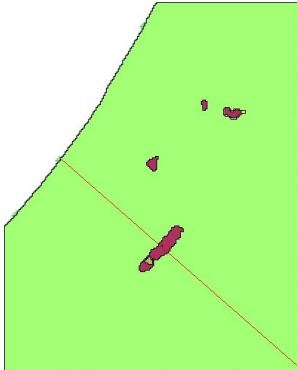
De samengestelde diepte is weergegeven in Figuur 2.2.



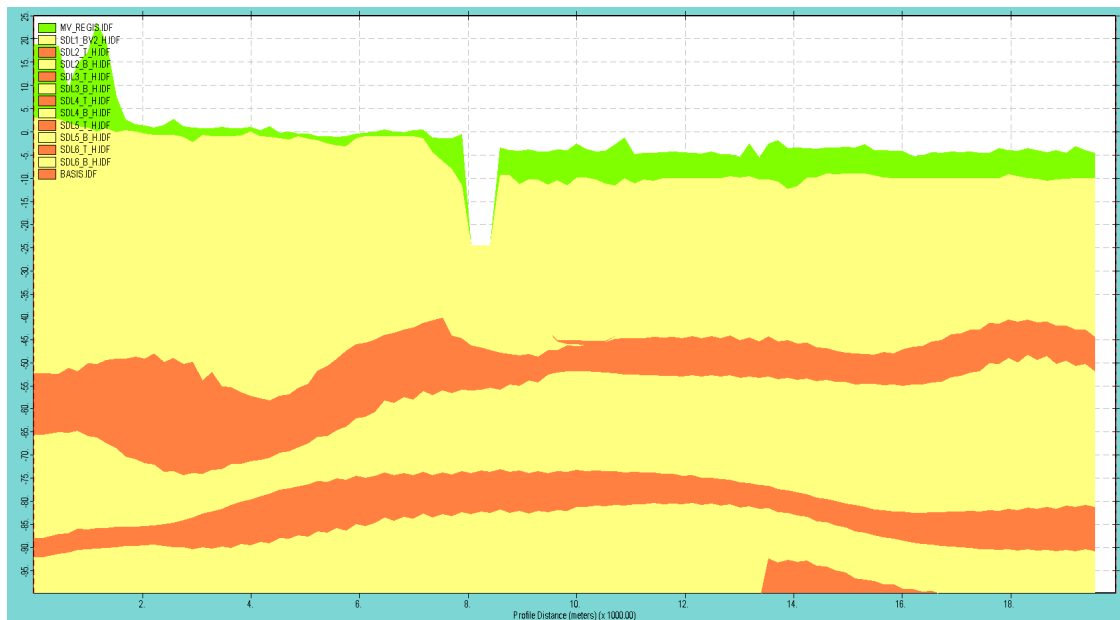
Figuur 2.2 Diepte plasbodem Meeslouwerplas (m NAP).

De beoordeling van de gevolgen van de verondieping wordt gebaseerd op stroombanen vanuit de put in het grondwater. Voor het juist modelleren van stroombanen in de ondergrond is het noodzakelijk om de regionaal continue lagen te bepalen die dienen als ondergrens voor het domein waarin de stroombanen optreden. Voor het onderzoek Vlietlanden is dan ook vooral de diepte en aanwezigheid van de eerste scheidende laag onder de plasbodem op ca. 40 meter diepte van belang (De Lange 2011a). Deze wordt afgeleid uit de bestaande grondwatermodellen en is gecheckt met de oorspronkelijke gegevens in REGIS en GeoTOP.

Het NHI2.1 model is gebaseerd op het lagenmodel van REGIS2.1. Figuur 2.3 en 2.4 tonen een noordwest – zuidoost profiel dat van de duinen door de Meeslouwerplas naar de Grote Westeindsche Polder loopt. Voor het eerste WVP onder de plasbodem (tot ongeveer -35m NAP) en de eerste waterscheidende laag (ongeveer -45m - -60m NAP) zijn modelcelhoogtes gehanteerd van ongeveer 3m. Het tweede watervoerende pakket en de onderliggende scheidende laag zijn beide in drie modelcellen opgedeeld. De lagen daaronder zijn niet verder opgedeeld.



Figuur 2.3 Locatie van het profiel, met halverwege het profiel in paars de Meeslouwerplas.



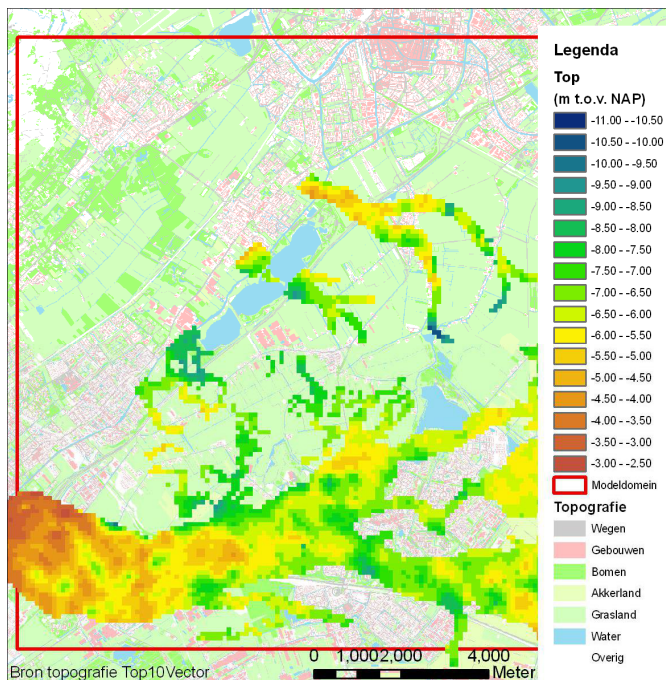
Figuur 2.4 Noord-west naar zuid-oost doorsnede door het model domein. Groen: Holocene afzettingen; Geel: Watervoerende pakketten; Bruin: waterscheidende lagen.

De parameterwaarden in de boven-, onder- en zijrandvoorwaarden worden afgeleid uit het NHI2.1. Voor de waterpeilen is geen gebruik gemaakt van het NHI2.1, omdat daarin de begrenzing voor het 10 meter grid niet voldoende nauwkeurig kan worden afgeleid. Voor de bovenrandvoorwaarde zijn de waterpeilen met behulp van een filter afgeleid uit het AHN2. Dit geeft een systematisch zelfde bepalingswijze over het hele modelgebied. De verschillen ten opzichte van de peilenkaart van Hoogheemraadschap van Rijnland zijn klein.

2.3 Verfijning model met GeoTOP

Op voorstel van de begeleidingsgroep is gekeken naar de nieuwe GeoTOP (www.dinoloket.nl) interpretatie van dit gebied. GeoTop is opgebouwd uit cellen van 100 x100m, waardoor het meer detail bezit dan NHI voor modellering op deze schaal. Voor het gebied Zuid-Holland zijn de geologische eenheden uit GeoTop op het moment van modelbouw (maart 2011) nog niet vertaald naar geohydrologische kenmerken.

Uit de GeoTop data blijkt dat binnen het modeldomein de Formatie van Naaldwijk voorkomt (zie Figuur 2.5). Dit laagpakket wordt doorsneden door geulsystemen (Berendsen 2001, Hijma 2009). Boringen uit Dinoloket tonen dat de opvullingen bestaan uit zandig materiaal. Op basis hiervan wordt de doorlatendheid van dit zand als een worst case (grootste verspreiding) geschat op 10m/dag. Doordat het geulsysteem de plas aansnijdt zal deze de stroombanen vanuit de plas kunnen beïnvloeden. Het geulsysteem is daarom in het model ingebouwd.

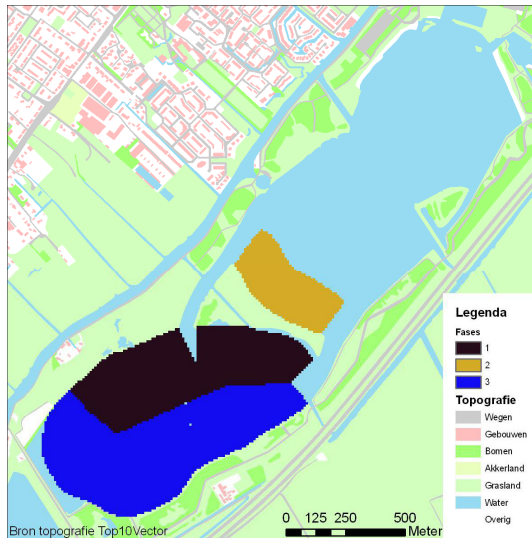


Figuur 2.5 Verbreiding en top stroombaan generatie D in Formatie van Naaldwijk (Berendsen 2001, Hijma 2009).
Bron data top geul: Dinoloket.nl.

2.4 Schematisatie plasvullingen

Het verondiepen van de Meeslouwerplas zal plaatsvinden in 3 fasen. In overleg met Provincie Zuid-Holland en Hoogheemraadschap van Rijnland is besloten de eindsituatie van fase 1 en de eindsituatie na fase 3 als scenario's door te rekenen (zie Figuur 2.6):

- Berekening 1: Het einde van fase 1: Hierbij is alleen de noordwestzijde van de zuidelijke plas opgevuld met zandig materiaal.
- Berekening 2: De eindsituatie: Hierbij zijn ook de zuidoostzijde van de zuidelijke plas en de zuidwestzijde van de noordelijke plas opgevuld met zandig materiaal.



Figuur 2.6 Uitvoeringsfases verondiepen Meeslouwerveplas.

In beide scenario's wordt het diepe midden met slib gevuld. Als inschatting van het vulproces wordt aangenomen dat een sliblaag aangebracht wordt van 3 meter dik over het deel van de plasbodem, dat dieper is dan 20 m. Deze laag heeft een doorlatendheid van 10^{-4} m/d (De Lange 2010). De contour die wordt aangehouden voor de slibopvulling is aangegeven in Figuur 2.8. De vorm daarvan is met name het gevolg van de opvulling in Fase 1.

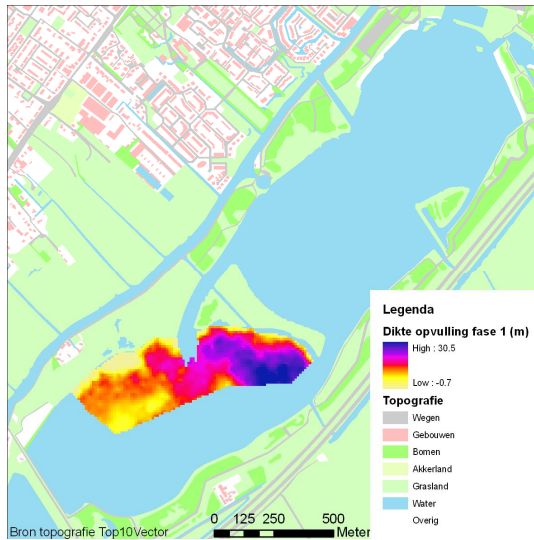


Figuur 2.7 Verbreiding slibafzetting.

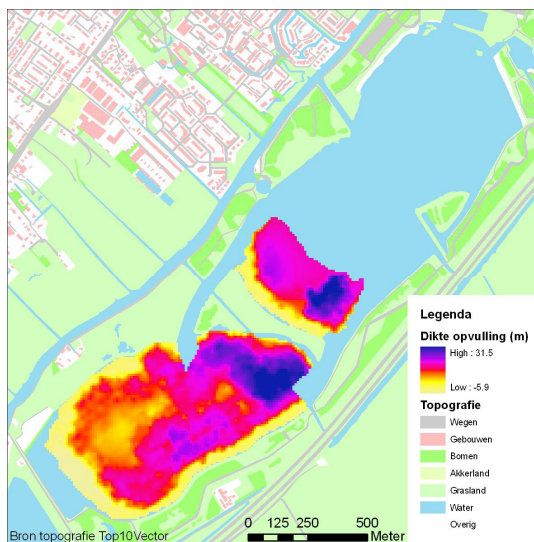
Voor het zandige materiaal in de opvulling worden drie berekeningen voor de stroombanen gedaan met doorlatendheden zoals afgesproken in de begeleidingsgroep met waarden van 0,1, 1 en 10 m/d.

De dikte van de opvulling is bepaald op basis van door Hoogheemraadschap van Rijnland aangeleverde data van BAM (Figuur 2.9 en 2.10). Hierbij zijn de contourlijnen uit het Autocad bestand geïnterpoleerd naar een grid. De negatieve waarden betekenen dat de nieuwe

plasbodem lager ligt dan de oude. Vanuit geohydrologisch perspectief is dit echter niet van belang.



Figuur 2.8 Dikte opvulling (meter) einde Fase 1.



Figuur 2.9 Dikte opvulling (meter) van Meeslouwerplas eind van fase 3.

2.5 Stroombaanberekeningen

Voor de ondersteuning van de beoordeling van de effecten van de verondieping zijn de stroombanen vanuit de vulling nodig. De stroombanen zijn berekend met behulp van de op ModPath gebaseerde module van iMOD (Vermeulen, 2011). Voor het bepalen van het beïnvloede gebied zijn de stroombanen vanuit de bodem van de infiltrerende plas van belang. Daarom zijn de stroombanen direct onder de plasbodem gestart op een regelmatig grid met onderlinge afstand van 25m.

3 Modelresultaten

3.1 Huidige situatie

Voor de beoordeling van de huidige situatie van de stroming in het grondwater rond de plas is de uitstroming uit de plas, die bepaald wordt door het plaspeil en de weerstand van de plasbodem, cruciaal. De plas staat in open verbinding met het boezemwaterstelsel en heeft daardoor constant het boezempeil (-0.6m NAP).

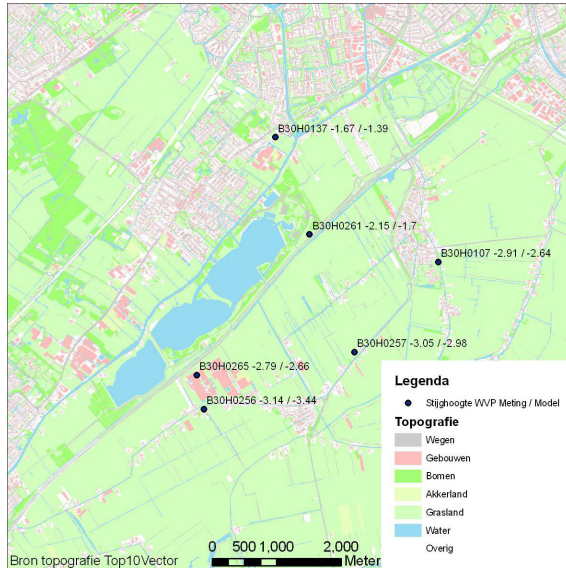
Voor de inschatting van de bodemweerstand van de plas is gekeken naar de meest zichtbare effecten in eerdere onderzoeken zoals van de grondwatersystemen op basis van zoutgerelateerde grondwatersysteem indeling (De Ruiter, 1988), van het gemeten stijghoogte verloop in het eerste watervoerend pakket in de metingen van de gemiddelde voorjaarsituatie 1992-1994 (Figuur 3.1 en NAGROM deelrapport 9, 1994) en van de modelresultaten van het Zuid-Holland model (Minnema et al, 2004). Daarin is verlenging van de zoete waterlens vanuit de duinstrook zichtbaar, die mogelijk is veroorzaakt door de infiltratie in de plas. De duidelijke verhoging van de stijghoogte ten zuidoosten van de plas (Figuur 3.1) is gemeten in de periode 1992-1994 tijdens de aanleg van de plas (zandwinning) en duidt op significante infiltratie. Dit en het gehandhaafde relatief hoge boezempeil in de plas met de lange zandhelling in de onderwateroever ondersteunt de berekende grote en diepe infiltratie in het grondwatermodel voor deze historische situatie. In dit rapport wordt dit de situatie "tijdens zandwinning" genoemd. Een lage weerstand (10 dagen) van de onderwaterbodem is in dit geval waarschijnlijk.



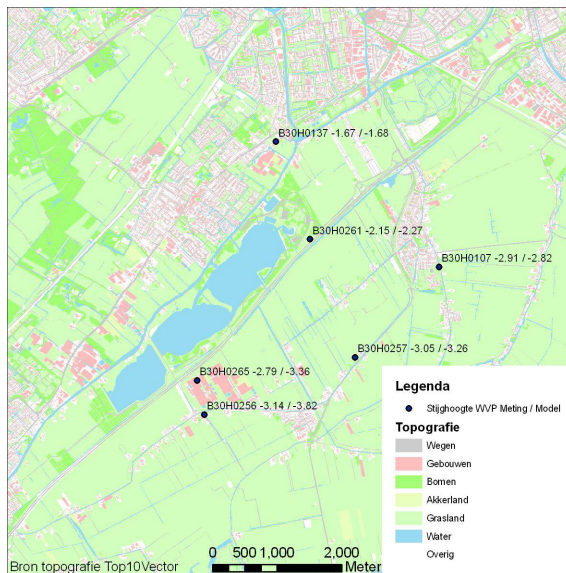
Figuur 3.1 Geïnterpoleerd stijghoogte patroon voorjaar 1992-1994 uit NAGROM deelrapport 9, 1992 Situatie tijdens zandwinning.

Figuur 3.2a geven de gemeten stijghoogten in het eerste watervoerend pakket voor de periode 2001-2010 weer met de berekende stijghoogtes bij een bodemweerstand van 10 dagen. Bij nadere analyse van de grondwaterstanden blijkt langs de oostrand van het plassegebied dat de grondwaterstanden op vrijwel constant verhang (natuurlijke gradiënt)

duiden, terwijl het model een duidelijke relatieve verhoging op de natuurlijke gradiënt geeft door de sterke infiltratie. Bij verhoging van de bodemweerstand tot 1000 dagen in Figuur 3.2b verdwijnt deze verhoging.



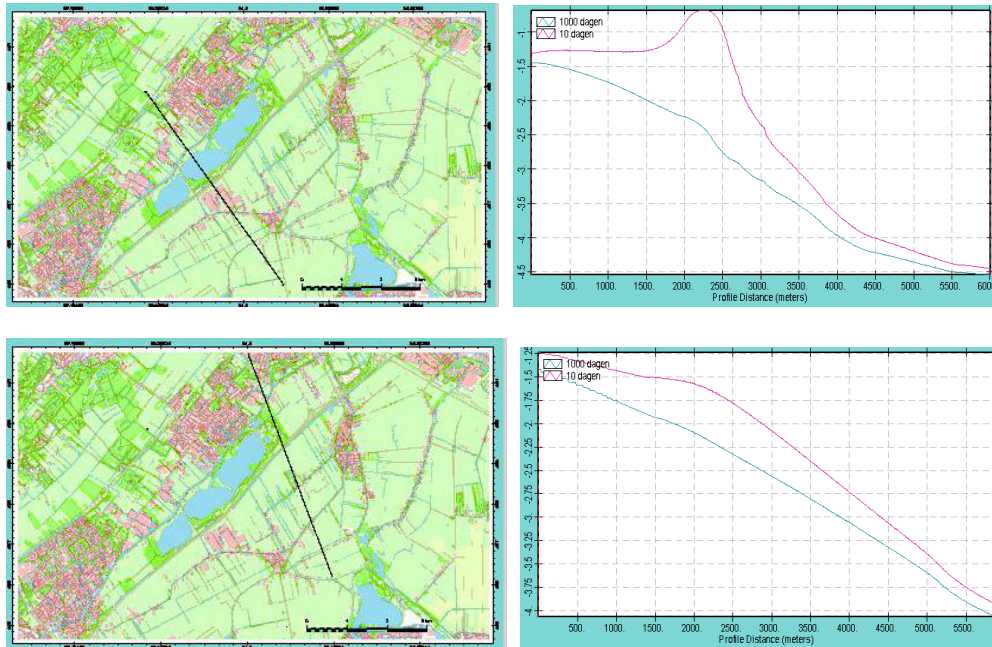
Figuur 3.2a Metingen versus gemodelleerde stijghoogte in WVP 1 (2001-2010), m NAP plasbodem weerstand = 10 dagen. Situatie tijdens zandwinning.



Figuur 3.2b Metingen versus gemodelleerde stijghoogte in WVP 1 (2001-2010), m NAP Situatie na enkele jaren, plasbodem weerstand = 1000 dagen.

In Figuur 3.3 zijn twee doorsneden met grondwaterstanden uit beide modellen weergegeven. In het algemeen wordt in situaties met sterke infiltratie tijdens de zandwinning een grote toename van de bodemweerstand gemeten, die veroorzaakt wordt doordat de fijne deeltjes ver in het zandpakket kunnen doordringen en met grote druk worden ingeperst. Dit blijkt ook bij de Meeslouwervlas te gelden uit de eerder genoemde raai van stijghoogte waarnemingen.

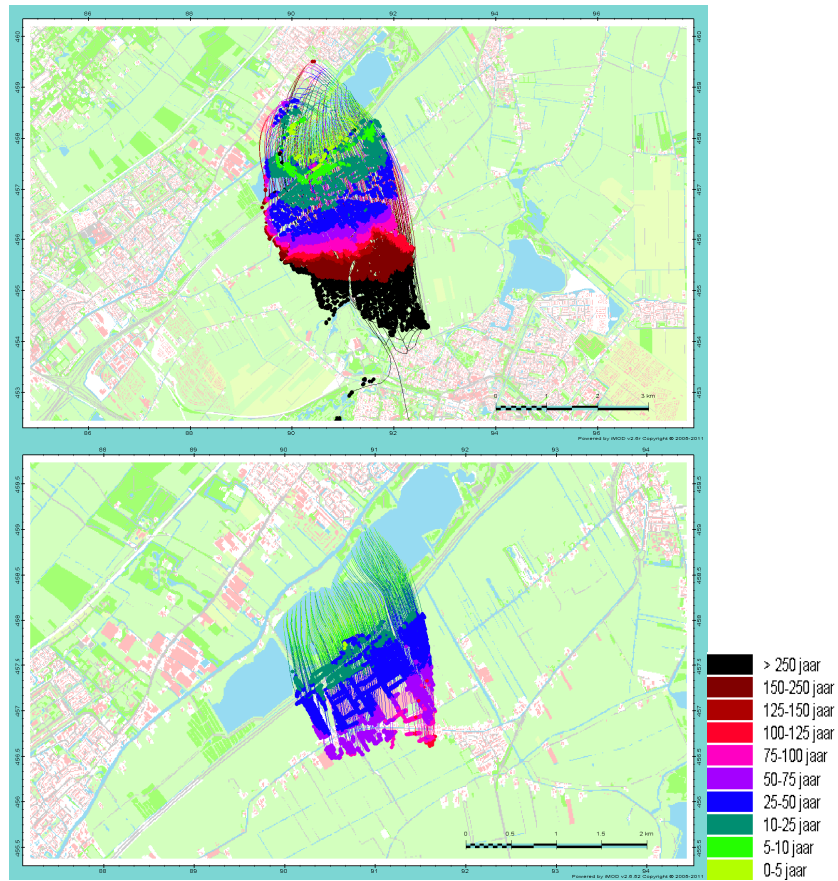
Daarom wordt het model met bodemweerstand van 1000 dagen genomen voor de “situatie na enkele jaren”, dus zoals die op dit moment is.



Figuur 3.3 Verloop van de grondwaterstand rechts) langs sectie als aangegeven (links) in het model met bodemweerstand van 10 dagen (rode lijn) en het model met bodemweerstand van 1000 dagen (blauwe lijn).

De stroombanen uit de plas worden sterk beïnvloed door de weerstand van de plasbodem. (Figuur 3.4). Berekend vanaf even buiten de plasbodem in het watervoerend pakket, zijn de maximale reistijden en reikwijdte van de stroombanen kleiner in het geval van een hoge weerstand van de plasbodem dan bij de lage weerstand: c.a. 75 jaar in plaats van 750 jaar respectievelijk 1550 in plaats van 4100m. In de huidige situatie is de beïnvloede dikte van het grondwater (de pluimdikte van het infiltratiewater uit de plas) in het watervoerend pakket aanzienlijk dunner dan die tijdens de zandwinning door het verschil in infiltratiesnelheid. Bij ongeveer eenzelfde kwel (opwaartse stroming) in de polders duurt het daarom veel korter totdat de hele pluim van infiltraat opgekweeld is.

De situatie tijdens de zandwinning heeft een tiental jaren bestaan en gezorgd voor een grote hoeveelheid zoet infiltratie-water in het watervoerend pakket: Het grondwater is doorgedrongen tot aan waar in Figuur 3.4 (boven) de gele zone licht groen wordt en komt overeen met de eerder genoemde zoetwater verspreiding. Op dit moment is de grondwatersnelheid echter aanzienlijk afgenomen, ongeveer naar die volgens de natuurlijke gradiënt. Het volume van het zoetwater infiltraat vult een groot deel van de huidige beïnvloede zone in Figuur 3.4 (onder). Bij het monitoren zal in dit gebied dan ook infiltraat worden aangetroffen. De oorspronkelijke kwaliteit van het grondwater voor de aanleg van de plas) was waarschijnlijk brak tot zout. De huidige zoete kwel in de directe omgeving van de plas is daarom waarschijnlijk te danken aan de infiltratie tijdens de aanleg van de plas over een relatief grote dikte in het watervoerend pakket. Het oorspronkelijke infiltraat zal verder stromen en opkwellen zoals in Figuur 3.4 (boven) aangegeven. In de huidige situatie wordt alleen het bovenste deel van deze zone aangevuld met infiltraat.

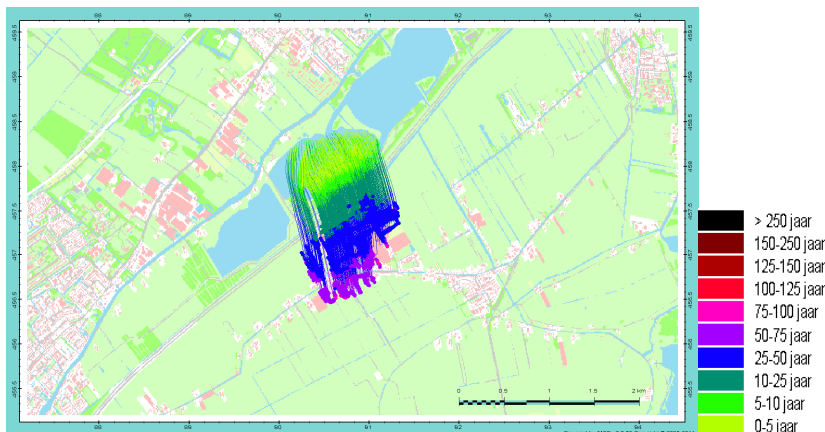


Figuur 3.4 Uittree punten met bijbehorende leeftijd van de stroombanen voor weerstanden van de plasbodem van 10 dagen (boven) in de situatie van de zandwinning en 1000 dagen (onder) in de situatie na enkele jaren. NB. De schalen in beide figuren verschillen.

3.2 Vulfase 1

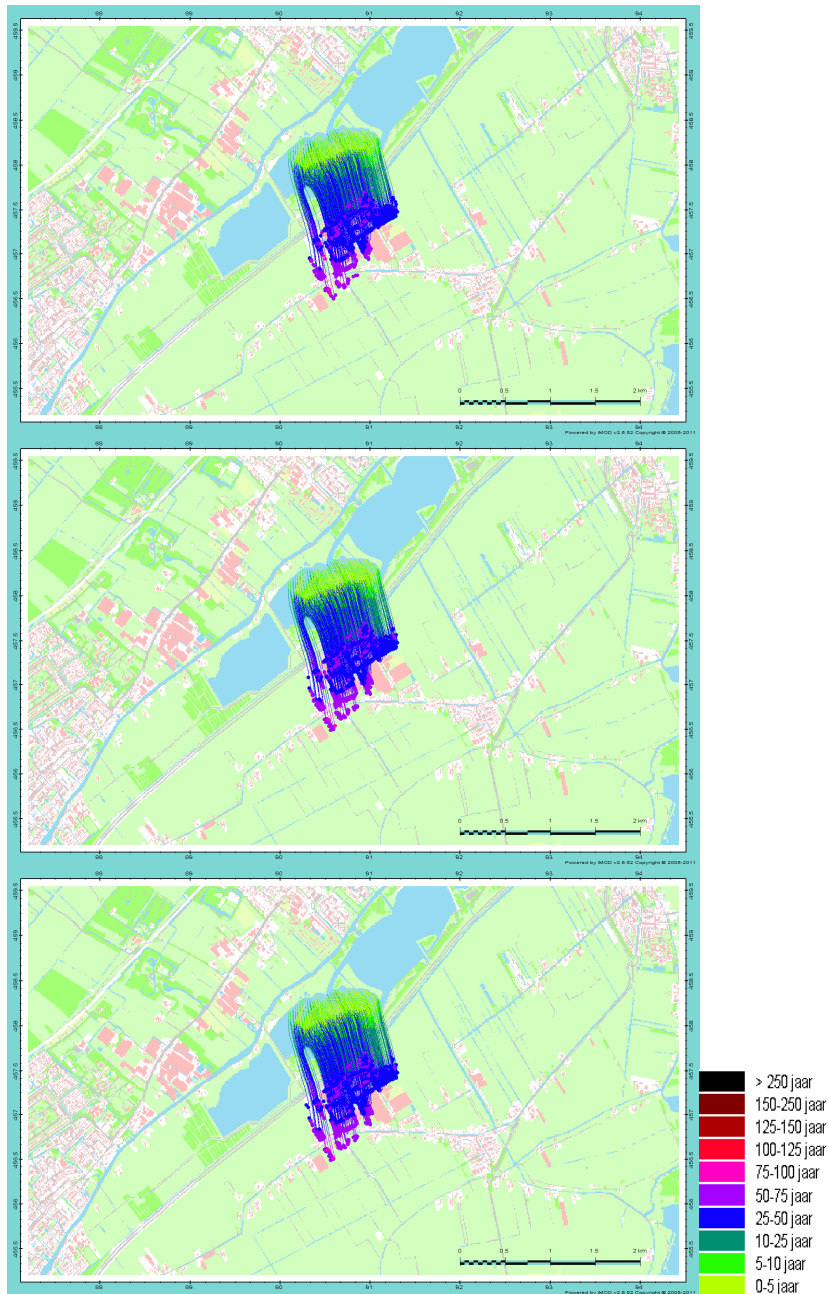
In Fase 1 wordt het noordwestelijk deel van de zuidelijke plas opgevuld met grond. Er wordt daarbij aangenomen dat slib tijdens het vulproces in suspensie neer slaat in het diepe deel van de plas. Door het aanbrengen van de grond en sliblaag neemt de weerstand langs de oever toe. Echter in de huidige situatie is een plasbodem weerstand van (tenminste) 1000 dagen het meest waarschijnlijk en zal daarom het aanbrengen van matig goed doorlatend zandige materiaal (zoals gekozen) op de bodem nauwelijks verschil maken voor de stroming naar het grondwater. Figuur 3.5b toont de uittredepunten van de stroombanen voor het einde van Fase 1 voor de 3 verschillende doorlatendheden van de opvulling (0.1, 1.0 en 10 m/d). Ter vergelijking zijn in figuur 3.5.a de stroombanen en uittrede punten weergegeven vanuit het deel van de bodem dat in fase 1 wordt verondiept. Hieruit blijkt dat de doorlatendheid van de zandige opvulling weinig invloed heeft op de reikwijdte van de stroombanen. De aangebrachte sliblaag in het midden van de plas geeft vergroting van de verblijftijd langs de stroombanen die daaruit vertrekken.

Het totale beïnvloede oppervlak aan maaiveld is gelijk aan dat in de huidige situatie van Figuur 3.4 en dus bereiken de stroombanen de Zoetermeerse Meerpolder niet.

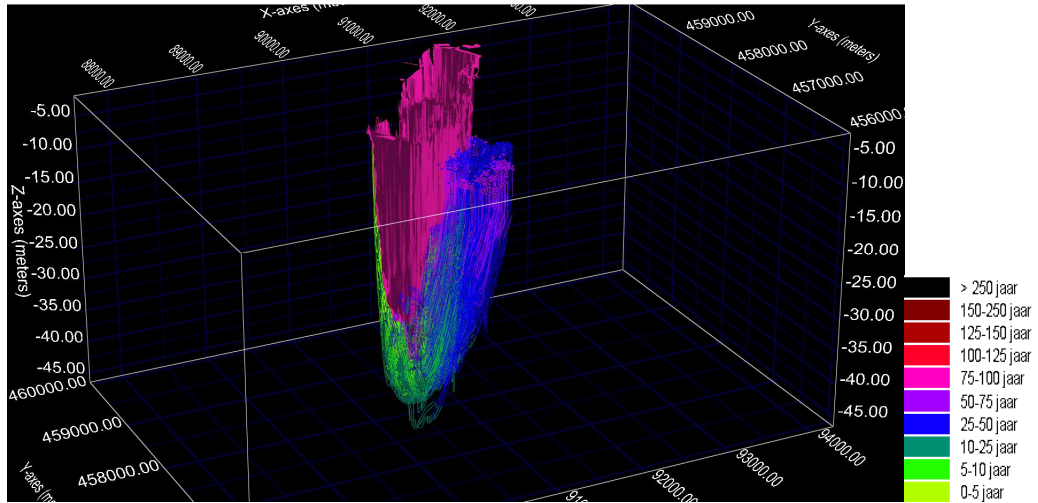


Figuur 3.5a Uittree punten met bijbehorende leeftijd van de stroombanen vertrekkend vanuit de positie van de opvulling van fase 1. Leeftijd in jaren. Plasbodem weerstand = 1000 dagen.

De diepte van de stroombanen in het pakket onder de eerste scheidende laag wordt nauwelijks beïnvloed door de opvulling (Figuur 3.6). Hoewel het infiltreert in het tweede en derde watervoerend pakket komt, is de verspreiding beperkt. Het water komt bovendien binnen afzienbare tijd en binnen beperkte afstand weer aan het oppervlak. Dit betekent dat ook in de diepte het beïnvloede gebied duidelijk begrensd is.



Figuur 3.5b Uittree punten met bijbehorende leeftijd van de stroombanen voor doorlatendheden van de opvulling in fase 1 van $K = 0.1$, $K = 1$ en $K = 10\text{m/dag}$. Leeftijd in jaren. Plasbodem weerstand = 1000 dagen.



Figuur 3.5 Zijaanzicht van stroombanen voor het einde van fase 1 ($k=10\text{m/d}$). De deeltjes die gevolgd worden om de stroombaan te bepalen vertrekken van 1 cm onder de plasbodem. Situatie na enkele jaren, plasbodem weerstand = 1000 dagen. Schaal verticaal : horizontaal = 1 : 70

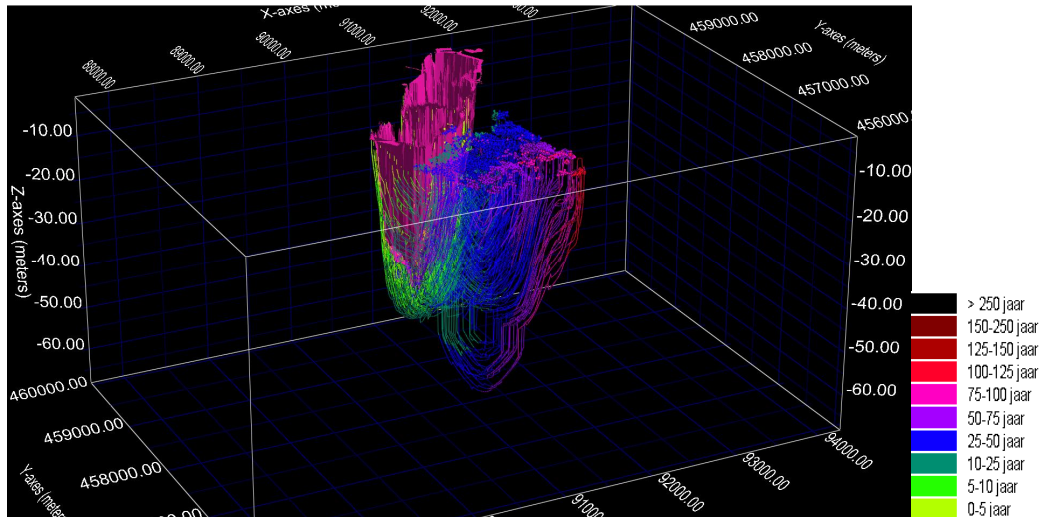
3.3 Eindfase na vulling

In de eindfase is het gehele zuidelijke deel van de Meeslouwerplas en het zuidwestelijk deel van de Noordplas opgevuld met grond. Het slib is nog steeds aanwezig als in Fase 1. Door het aanbrengen van de zandige grond is de weerstand verder toegenomen.

Door de intree weerstand van de plasbodem (1000 dagen) is de toename van de weerstand door het zandige materiaal beperkt. Hierdoor is de invloed op de stroombanen beperkt. Het beïnvloede volume en de reikwijdte van de stroombanen (Figuur 3.7 en 3.8) is daardoor vergelijkbaar met het beïnvloede volume en de reikwijdte aan het einde van Fase 1.



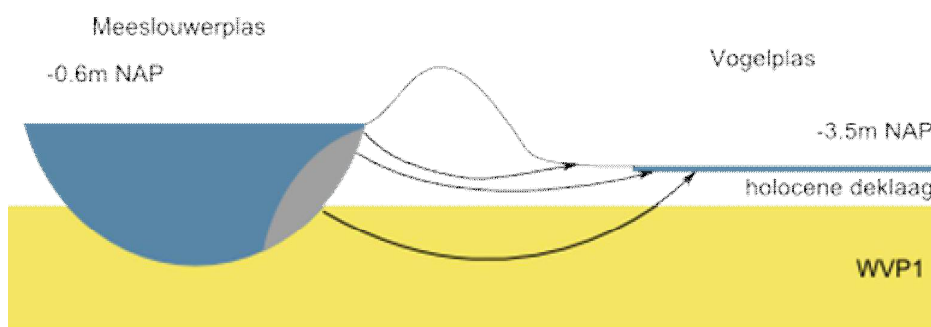
Figuur 3.6 Uittree punten met bijbehorende leeftijd van de stroombanen in de eindfase voor doorlatendheden van de opvulling van $K = 0.1$, $K = 1$ en $K = 10$ m/dag. Leeftijd in jaren. Situatie na enkele jaren, plasbodem weerstand = 1000 dagen.



Figuur 3.7 Zij aanzicht van stroombanen voor de eindsituatie. De deeltjes die gevolgd worden om de stroombaan te bepalen vertrekken van 1 cm onder de plasbodem. Situatie na enkele jaren, plasbodem weerstand = 1000d. Schaal verticaal : horizontaal = 1 : 70

Het beïnvloede gebied wordt niet bepaald door de zandbanen in de deklaag die in paragraaf 2.3 zijn behandeld.

Tijdens fase 3 wordt verondiept tegen de bestaande dam tussen de Meeslouwerplas en de Vogelplas Starrevaart. Bij het ontbreken van grondwateraanvulling op de dam ontstaat het stromingspatroon geschetst in figuur 3.9 en treedt mogelijk beïnvloeding van de Vogelplas op. Bij een overheersend aanwezige waterscheiding in de dam door de grondwateraanvulling zal nauwelijks of geen beïnvloeding optreden. Hierop wordt in hoofdstuk 5 monitoring teruggekomen.



Figuur 3.8 Stromingsituatie door dam tussen de plassen bij afwezigheid grondwateraanvulling.

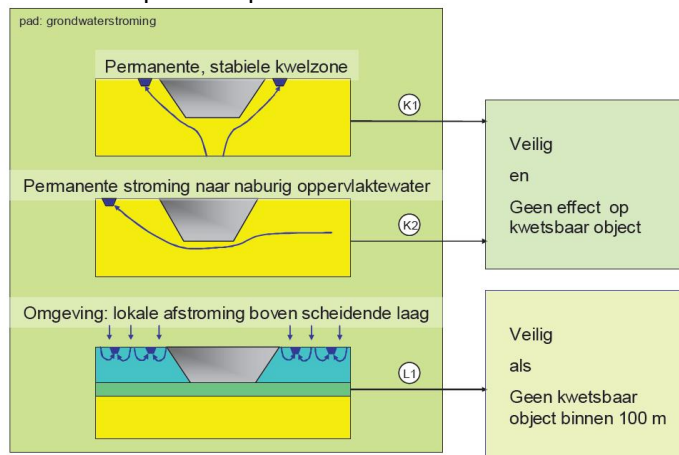
4 Ondersteuning beoordeling verondieping

4.1 Grootte van het beïnvloede gebied

De grootte van het beïnvloede gebied kan worden weergegeven met de lengte van de langste stroombaan (1.5 km), het kwel oppervlak (ca 2 x plasgrootte) en het volume (\approx plasmolume, omdat dikte met afstand tot de plas afneemt). Er is sprake van een permanente en stabiele kwelzone door de aanwezige polders met gehandhaafde relatief diepe peilen. Er bestaat geen kans op verspreiding buiten het beïnvloede gebied.

4.2 Vergelijking van hydrologische effecten met de aanwijzingen in de Handreiking

In onderstaande Figuur 4.1 uit de handreiking komt de typering van de verondieping van de Meeslouwerplas uit op de combinatie van K2 en L1.



Figuur 4.1 Schematisatie van relevante situatie voor Meeslouwerplas uit de Handreiking (de Lange, 2011a). De verondieping van de Meeslouwerplas komt overeen met de situatie K2 en L1

Paragraaf 4.2 (pag. 17) van de handleiding (De Lange 2011a) beschrijft geval K2:

Permanente stroming naar naburig oppervlaktewater (K2)

Ligt in de directe nabijheid van de diepe plas een oppervlaktewater waarin al het bovenste grondwater afstroomt, dan zal het potentieel beïnvloed grondwater dat rond de vulling in de voormalig diepe plas stroomt ook daarin uitstromen. Er bestaat in dit geval geen kans op verspreiding en dus geen kans op beïnvloeding van een naburig kwetsbaar object voor zover dat buiten het gebied tussen de vulling en het oppervlaktewater ligt.

Lokale afstroming boven scheidende laag in direct omgeving (L1)

Vindt in de directe omgeving van de diepe plas alleen ondiepe grondwaterstroming tussen een dicht stelsel van sloten of beken plaats en ligt direct onder de vulling een slechtdoorlatende laag dan kan het potentieel beïnvloed grondwater niet verder stromen dan tot het eerste naastliggende oppervlaktewater. Dan bestaat er geen kans op verspreiding en zullen kwetsbare objecten buiten de afstand tot het oppervlaktewater (ongeveer 100 meter) ook niet worden beïnvloed.

De situatie in Fase 1 en 3 voldoet niet aan deze omschrijving van K2 noch van L1 omdat de uitstroming niet volledig in de directe omgeving (afstand 500 meter, of oppervlakte ter grootte

van de put) plaatsvindt. Het maximaal beïnvloede, driedimensionale gebied is volledig en stabiel begrensd en kan daarom als handvat voor geohydrologische beoordeling worden gehanteerd. Het beïnvloede volume is ongeveer even groot als dat van de gehele plas (doordat de dikte afneemt met de afstand van de plas) en sluit daarmee aan op de handreiking.

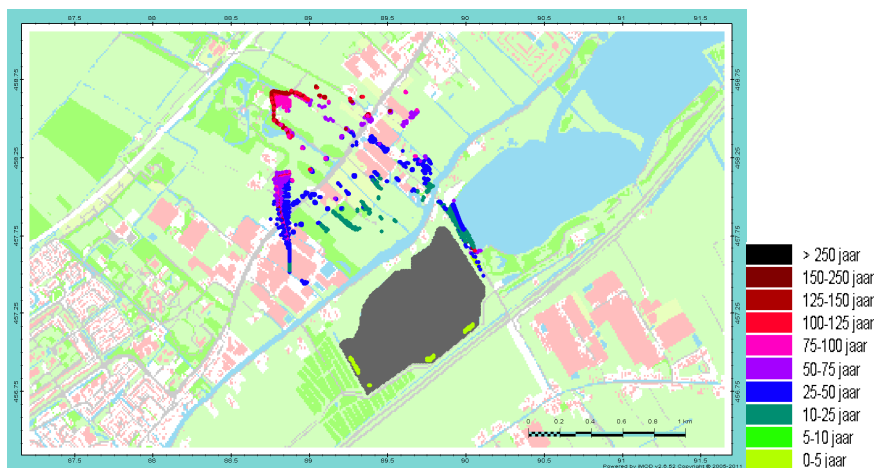
4.3 Specifieke geohydrologische aspecten voor beoordeling effecten verondieping

Het grootste deel van het infiltraat kwelt omhoog vanuit het watervoerend pakket via de deklaag in de lager gelegen polders, waarin tenminste 6 meter klei/veen aanwezig is met een grote bindingscapaciteit voor opgeloste stoffen. Deze kwel concentreert zich in de sloten en mengt daar met het aanwezige water.

De concentratieverhogingen in oppervlaktewater zijn volgens de benadering van de Handreiking over het algemeen verwaarloosbaar door de menging van relatief weinig kwelwater in grote hoeveelheden bewegend of stromend oppervlaktewater.

Een klein deel van de stroombanen uit de Meeslouwerplas komt uit in de Vogelplas Starrevaart zoals weergegeven in Figuur 3.8. Deze komen uit de randen van de Meeslouwerplas waar waarschijnlijk geen opvulling is aangebracht. Bovendien ontvangt de vogelplas water uit de polder ten noordwesten er van.

Door het aanbrengen van schone grond op het talud van de Meeslouwerplas (Figuur 3.9) in het intrekgebied voor de Vogelplas Starrevaart kan de mogelijkheid van belasting van dit gebied (Figuur 4.2) verder wordt beperkt. Zeker is dat het water in de dam tussen beide plassen door klei/veen lagen stroomt, waarvan de doorstroomde afstand groter is dan die van de dikte (6-10 meter) van de klei/veen lagen in de deklaag.



Figuur 4.2 Achterwaarts berekende stroombanen vanuit Meeslouwerplas. In grijs de punten waar de stroombanen eindigen. In kleur (leeftijd in jaren) waar ze vandaan komen. plasbodem weerstand = 1000d.

Het ligt niet binnen de geohydrologische advisering van dit onderzoek om de gevolgen te extrapoleren naar mogelijke kwetsbare natuurgebieden in de EHS zoals in Figuur 4.4 is aangegeven. Wel kan worden aangegeven dat lichtgroene gebieden in het invloedsgebied liggen van de het infiltratiewater na verondieping.



Figuur 4.1: EHS rondom Vlietland (bron: provincie Zuid-Holland)

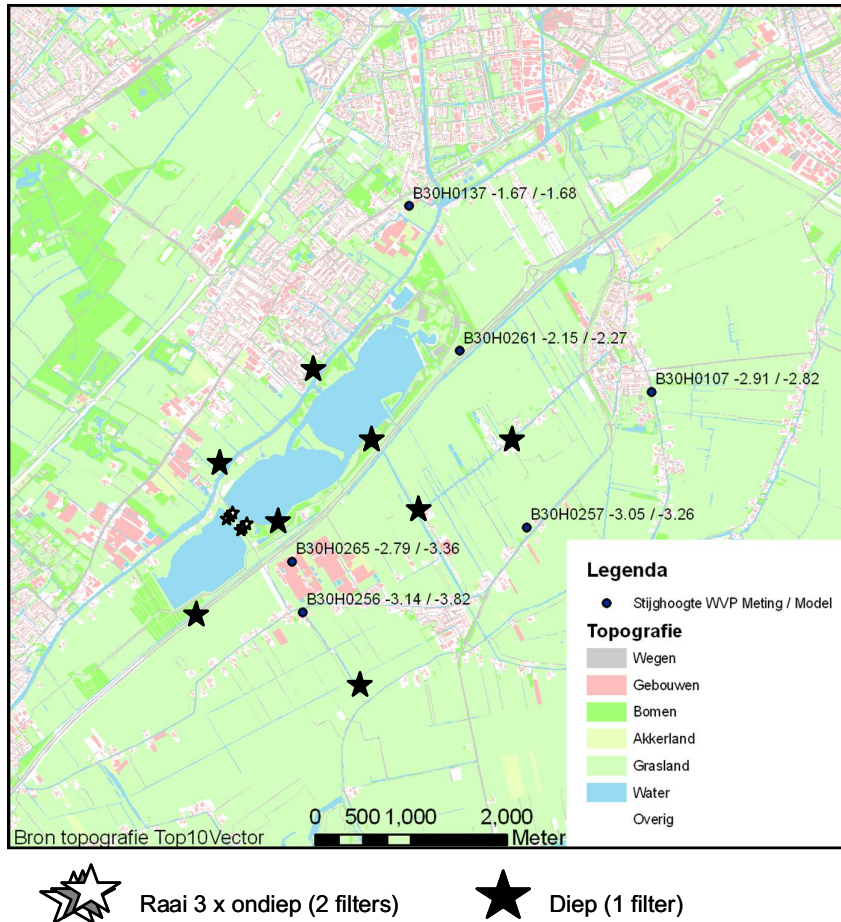
Figuur 4.2 Kwetsbare natuurgebieden rond de Meeslouwerplas, grijze gebied= straal 1.5 km

5 Opzet monitoring grondwater

Dit hoofdstuk geeft een aanbeveling voor het inrichten van een monitoring systeem op geohydrologische gronden ten behoeve van het vaststellen van de geohydrologische veilige situatie zoals gedeut in de Handreiking, Figuur 3.1 (De Lange 2011a).

5.1 Monitoring van de geohydrologische situatie; vaststellen van beperkt beïnvloed gebied

De bestaande metingen rond de Meeslouwerplas geven duidelijke indicatie in de richting van de in hoofdstuk 3 geschetste huidige situatie, waarin de plasbodem is dichtgeslagen. Het beeld is echter niet volledig door het ontbreken van gemeten grondwaterstanden in het watervoerend pakket naast de plaszone waarin verondieping plaatsvindt. De huidige interpretatie van de raaien (figuur 3.3) in paragraaf 3.1 is de meest waarschijnlijke, maar is niet eenduidig door de metingen vastgelegd. Daarom wordt aanbevolen om de regionale stijghoogte verdeling in kaart te brengen op de plaatsen aangegeven in Figuur 5.1. Op de plaats van de sterren in de figuur worden aanvullend stijghoogtemetingen uitgevoerd door het nemen van het gemiddelde van 3 waarnemingen in een korte periode van een week. De twee raaien over de Meeslouwerplas en de Noordplas dienen om de mogelijke infiltratie vanuit de plassen toe te wijzen aan een of beide plassen. De raai ten noorden van de plas bestaat uit de bestaande meetpunten en een toegevoegd meetpunt te verbetering van de raai. Met de twee meetpunten in het westen en zuiden wordt de invloed van de nabijgelegen diepe polders in kaart gebracht als oorzaak van het stijghoogtepatroon en kan met zekerheid worden vastgesteld of infiltratie al dan niet optreedt.



Figuur 5.1 Monitoring plan geohydrologie

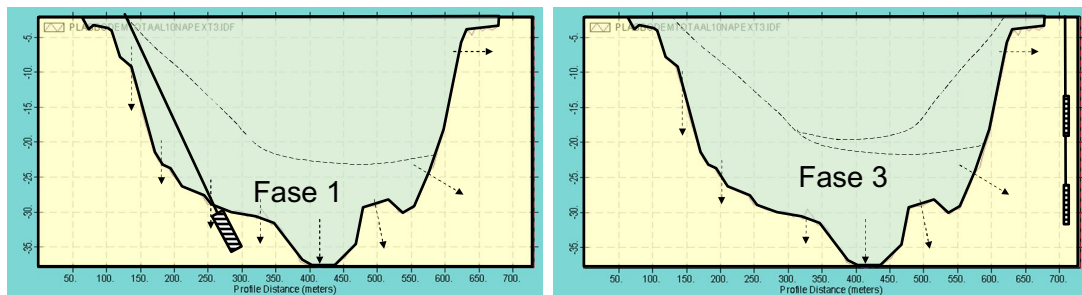
De stroming door de dam tussen de Meeslouwerplas en de Vogelplas Starrevaart wordt beïnvloed door zowel de waterpeilen in de beide plassen als door de grondwateraanvulling op de dam. Als er door de grondwateraanvulling gemiddeld over een jaar sprake is van een waterscheiding binnen de dam, zal er nauwelijks of geen stroming van de Meeslouwerplas naar de Vogelplas plaatsvinden. Hierdoor zal daar geen verspreiding mogelijk zijn.

Om deze situatie vast te stellen, wordt aanbevolen om de grondwaterstand in 2 raaien met 3 peilbuizen op ca. 25, 50 en 75% van de stroombaanlengte met 2 gescheiden filterdieptes gedurende 1 jaar 2 x per maand (Figuur 5.1) te bemeten. De 2 filterdieptes liggen juist onder het gemiddelde tussen de peilen van beide plassen, en op 4 a 5 meter daaronder in de deklaag. Daaruit is te concluderen of er significante stroming vanuit de Meeslouwerplas naar de Vogelplas plaats vindt. De filters staan bij voorkeur in de relatief doorlatende, zandige lagen die vooraf met (waterspannings)sonderingen kunnen worden vastgesteld. Het meten in 2 raaien is noodzakelijk omdat de samenstelling van de dam kan variëren en een conclusie op basis van 1 meetserie (en dan zelfs 1 doorslaggevend, het middelste, meetpunt) niet voldoende betrouwbaar is.

In het geval de uitkomsten van de monitoringsactiviteiten eenduidig wijzen op “beïnvloeding binnen een begrensd gebied” (dus met waterscheiding in de dam en beperkte infiltratie door dichtgelagen plasbodem), kan daarmee het monitoring onderzoek worden afgesloten.

5.2 Geohydrologische aanwijzingen voor geochemische bemonstering in watervoerend pakket.

In het geval dat de regionale analyse van de in figuur 5.1 aangegeven metingen wijst in de richting van significante infiltratie in de zone waarin verondieping plaatsvindt, zal het beïnvloede gebied maximaal de grootte krijgen als geschetst voor de situatie tijdens de aanleg. Het beïnvloede gebied is dan nog steeds beperkt (figuur 3.4 boven), echter niet zo klein als in de handreiking is aangegeven. Indien het bevoegd gezag dan zekerheid omtrent het voldoen aan geochemische condities in het grondwater wil vaststellen, kan monitoring het beste plaats op de hiernavolgend beschreven wijze plaatsvinden.



Figuur 5.2 Stromingsrichting (peilen) door de bodem van de Meeslouwerplas in een sectie van het model. Stippellijn indiceert de grens van de vulling na fase 1 respectievelijk fase 3.

Voor de monitoring opstelling is de stroming in de directe omgeving van de plas van belang, omdat daarin zo vroegtijdig mogelijk veranderingen kunnen worden gesignaleerd. Uit de stroombaanberekeningen (figuur 3.7) volgt een eenduidig beeld over de uitstroming uit de gevulde / heringerichte plas zoals geschetst in figuur 5.2.

In fase 1 wordt de noordwestoever van de plas opgevuld en zal slib neerslaan in de diepste delen van de plas. De stroombanen uit deze vulling gaan verticaal de diepte in (Figuur 5.2, links) en zullen pas na meer dan 75 jaar stroomafwaarts weer boven komen (Figuur 3.6). In de eindsituatie is ook de zuidoost oever van de plas verondiept en zullen de stroombanen daaruit in het eerste watervoerend pakket gaan (Figuur 5.2, rechts) en zullen na tientallen jaren stroomafwaarts weer boven komen (Figuur 3.8).

Indien ter ondersteuning van de onderbouwing van een permanent veilige situatie verificatie van de geochemische effecten wordt verlangd, kan monitoring voor fase 1 het beste gebeuren in het midden onder de aanvulling op de noordwestoever (Figuur 5.2, links) op minimaal 3 plaatsen verspreid over het gebied van de zandige verondieping (omdat de stroming door de zandige vulling groter zal zijn dan door het slib midden in de plas).

Voor de eindfase kan monitoring het beste gebeuren op twee dieptes in het eerste watervoerend pakket (Figuur 5.2, rechts) eveneens verspreid op minimaal 3 plaatsen verspreid langs en direct benedenstrooms van de plas.

Door gebruik te maken van lange filterlengtes, bijvoorbeeld 5 meter, en daarin jaarlijks gedurende 1 week de flux van ca 1m³/dag via passive samplers (SKB, 2009) te bemonsteren, wordt de representativiteit van de bemonstering, op basis van bemonsterd volume, in de orde van 10.000 maal groter dan in het geval van jaarlijkse bemonstering via flessen en laboratoria. Daarmee wordt voorkomen dat werkelijke eenmalige lage concentraties als toevallige metingen worden afgedaan.

5.3 Geohydrologische aanwijzingen voor geochemische bemonstering in dam naar Vogelplas.

Als uit de monitoring van de grondwaterstanden in de dam tussen de Meeslouwerplas en de Vogelplas Starrevaart blijkt dat niet of onvoldoende kan worden aangenomen dat er een waterscheiding gemiddeld over het jaar optreedt door de afstroming van de grondwateraanvulling, kan besloten worden om uitsluitend schone grond te gebruiken in de ondiepe oeverzone van de Meeslouwerplas en is bestaande monitoring van die in te brengen grond voldoende.

In het geval gemengd wordt gevuld en voor de onderbouwing van een permanent veilige situatie verificatie van de geochemische effecten wordt verlangd, wordt aanbevolen om verspreid langs de dam in de eerder genoemde 2 raaien van 3 buizen in de richting van stroming (zie Figuur 3.1) door de dam te bemonsteren. Voorgesteld wordt om hier gebruik te maken van lange filterlengtes bijvoorbeeld 5 meter en daarin jaarlijks gedurende 1 week de flux van ca 1m³/dag (of de maximaal bereikbare flux) via passive samplers (SKB, 2009) te bemonsteren. Daarmee wordt de representativiteit van de bemonstering, veel groter dan in het geval van jaarlijkse bemonstering via flessen en laboratoria (zie eerdere tekst).

De ondiepe stroming door de dam zal door de aanwezigheid van klei en veenlagen de kans op verspreiding van stoffen zeer klein maken, hoewel over de absolute gevolgen in chemische zin in dit rapport geen uitspraken worden gedaan.

6 Literatuur

Berendsen, H.J.A. & E. Stouthamer, 2001, Palaeogeographic development of the Rhine-Meuse delta, The Netherlands. Assen: Koninklijke Van Gorcum, 268 p.

Commissie Verheijen, 2009, Verantwoord grootschalig toepassen van grond en baggerspecie in zandwinputten, Rapport van de Commissie Verheijen aan de Ministers van Verkeer en Waterstaat en VROM.

De Lange, W.J., 2011a, Handreiking geohydrologische beoordeling bij herinrichting van diepe plassen, Deltares, Rapport 1203224.

De Lange, W.J., 2011b, Geohydrologisch onderzoek peilverhoging IJsseloo, Deltares, Rapport 1203847.

Hijma, M.P., 2009. From river valley to estuary: the early-mid Holocene transgression of the Rhine-Meuse valley, The Netherlands. Ph.D.-thesis, Utrecht University, 192 pp.

Minnema, B., Kuijper, B., & Oude Essink, G.H.P. 2004. Bepaling van de toekomstige verzilting van het grondwater in Zuid-Holland, NITG 04-189-B, 86 p., Utrecht, TNO Bouw en Ondergrond.

NITG-TNO/RIZA, 1994, NAGROM deelrapport 9, Holland-Zuid rapport OS 94-45.

Royal Haskoning 2007 Grondwatermodel Zuidgeest, Opbouw en verificatie basismodel, Rapport 9S5959.

Ruiter, J.C. de, 1988, Hydrologische systeemanalyse van Zuid-Holland ,DGV-TNO rapport OS88-18.

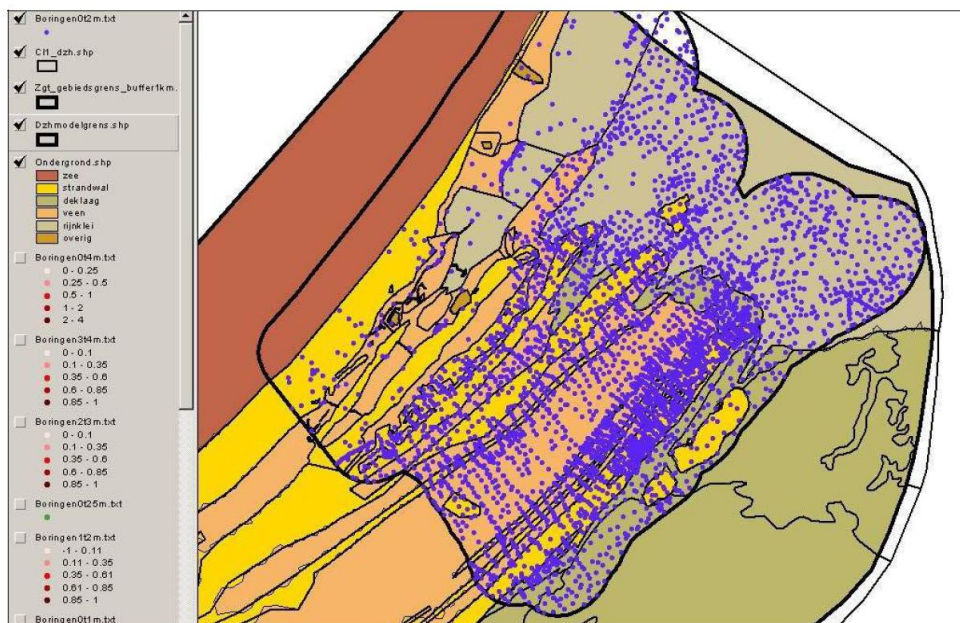
SKB, 2009, Toepassing van de SorbiCell bij grondwatermonitoring (PT5408), Eindrapport 9R1336.

Vermeulen, P.T.M., Handleiding iMOD conceptversie 2011, Deltares, BGS, Utrecht.

A Zuidgeest model

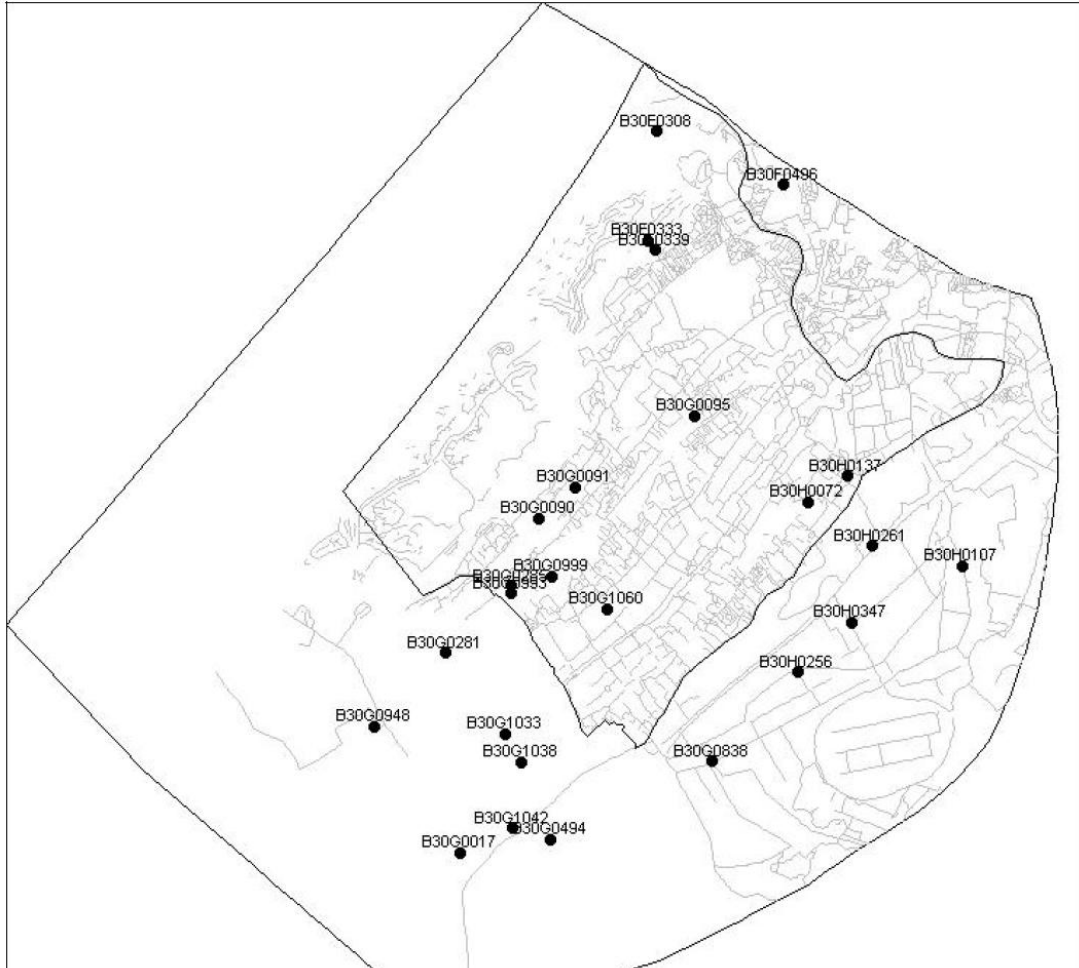
In opdracht van de Provincie Zuid-Holland en Duinwaterbedrijf Zuid-Holland en Energie en Watervoorziening Rijnland is door Iwaco in 1992 (Tegenwoordig Royal Haskoning) een grondwatermodel gemaakt dat in 1993 verder verbeterd is. Dit model was gemaakt voor onderzoek naar de grondwatersystemen tussen Katwijk en Den Haag. De Meeslouwerplas is weliswaar opgenomen in het geohydrologische model, maar valt buiten het interesse gebied van dat onderzoek. De Meeslouwerplas ligt daarmee precies op de grens van de fijne naar de grove modeldiscretisatie (afstand tussen rekenpunten ca. 800m), waardoor de onnauwkeurigheid toeneemt.

In 2007 zijn door Royal Haskoning aanpassingen en verfijningen aan het model uitgevoerd om onder andere niet alleen statische, maar ook dynamische grondwaterstroming te kunnen simuleren. Ook is het model aan de hand van boringen gecontroleerd. Ook nu ligt de Meeslouwerplas op de rand van het interessegebied waar het model voor gemaakt is en zijn er in de kwelpolder ten zuidoosten van de Meeslouwerplas geen extra boringen gebruikt.



Vergelijking meetreeksen – modelresultaten

Onderstaande Figuur geeft de gebruikte peilbuizen weer. De Meeslouwerplas ligt ten noordwesten van B30H0261.



De meetreeks van peilbuis B30H0107 wordt systematisch te hoog berekend en de berekende variatie is te klein. Een hogere deklaagweerstand zal resulteren in een systematisch lagere stijghoogte, maar ook een kleinere variatie, terwijl deze juist wat groter moet zijn. Voor een betrouwbaardere vergelijking moet het modelnetwerk echter worden verfijnd. In het huidige model ligt de peilbuis vlak naar een waterloop zonder tussenliggende knopen. Mogelijk heeft deze waterloop veel invloed op het berekeningsresultaat, doordat de stijghoogte in AQ1 mogelijk wordt vlakgetrokken of de stijghoogte in AQ1 systematisch omhoog haalt. Via AQ1 wordt vervolgens de stijghoogte in AQ2 beïnvloed.

Peilbuizen B30G0838, B30H0256, B30H0261 en B30H0265

De peilbuizen B30G0838 (figuur B3.i), B30H0256 (figuur B3.k), B30H0261 (figuur B3.l) en B30H0265 (figuur B3.m) liggen oostelijk van de Vliet. Voor alle meetreeksen geldt dat de berekende variatie (iets) te klein is. Mogelijk wordt dit veroorzaakt door een te kleine variatie van de opgelegde stijghoogte aan de oostelijke modelrand. Een andere oorzaak is een te hoge weerstand tussen AQ1 en AQ4 (deklaagweerstand en weerstand basisveen).

Bij peilbuis B30H0261 wordt de gemeten stijghoogte systematisch te hoog gereproduceerd. Een hogere deklaagweerstand resulteert hier in systematisch lagere stijghoogtes, dan neemt echter de variatie wat af terwijl juist een iets hogere variatie gewenst is. Naar verwachting geldt ook hier echter weer het effect van de diepe winningen van DZH.

Omdat de meetreeks van peilbuis B30H0347 heel kort is, valt hier alleen over te zeggen dat de berekende stijghoogte ongeveer in de buurt ligt van de gemeten waarden (en dus niet sterk afwijkt). Een betere verdeling van de deklaagweerstand in dit deel van het modelgebied zal naar verwachting leiden tot betere resultaten buiten het aandachtsgebied.

Bij de peilbuizen B30H0256 en B30H0265 is sprake van een goede fit tussen gemeten en berekende stijghoogten.