



MER Herinrichting Nieuwe Driemanspolder

Achtergronddocument: geohydrologisch onderzoek

Provincie Zuid-Holland

22 november 2005

Definitief rapport

9P7666

gemeente Zaanstreek	
Recht:	College:

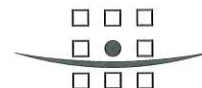
14 SEP 2006

Nr.:	Pdd.:
Opm.:	Ontbv.: i/n

gemeente Zaanstreek	
Recht: 9P/50	College:

14 SEP 2006

Nr.:	Pdd.:
Opm.:	Ontbv.: i/n


ROYAL HASKONING

HASKONING NEDERLAND B.V.
RUIMTELIJKE ONTWIKKELING

Hoofdweg 490
 Postbus 8520
 3009 AM Rotterdam
 +31 (0)10 286 54 32 Telefoon
 (010) 220 00 25 Fax
 info@rotterdam.royalhaskoning.com E-mail
 www.royalhaskoning.com Internet
 Arnhem 09122561 KvK

Documenttitel MER Herinrichting Nieuwe Driemanspolder
 Achtergronddocument: geohydrologisch onderzoek
 Verkorte documenttitel Geohydrologisch onderzoek NDMP
 Status Definitief rapport
 Datum 22 november 2005
 Projectnummer 9P7666
 Opdrachtgever Provincie Zuid-Holland
 Referentie 9P7666/R00003/LBro/Rott1

Auteur(s) Ir. W. Swierstra, Ir. L. Brouwer
 Collegiale toets Ir. M. Emke
 Datum/paraaf
 Vrijgegeven door Ir. E. Bosman
 Datum/paraaf

INHOUDSOPGAVE

	Blz.
1 INLEIDING	1
2 GEBIEDSBESCHRIJVING	4
2.1 Algemeen	4
2.2 De geologie van het gebied	5
2.3 Waterbeheer huidige situatie	6
3 OPBOUW GRONDWATERMODEL	8
3.1 Modelopzet: lokaal versus regionaal systeem	8
3.2 Bepaling Modelgrenzen	8
3.3 Modelschematisatie in watervoerende pakketten en scheidende lagen	9
3.4 Het Netwerk	12
3.5 Initiële parameters watervoerende pakketten	13
3.6 Initiële parameters scheidende lagen	14
3.7 Het Topsysteem	15
3.8 Topsysteem parameters	16
3.9 Randvoorwaarden	17
3.10 Onttrekkingen	17
3.11 Zoet zout grensvlak	17
4 WATERBALANSANALYSE TEN BEHOEVE VAN CALIBRATIE GRONDWATERMODEL	18
4.1 Algemeen	18
4.2 Situatieschets	18
4.3 Resultaten	20
5 KALIBRATIE VAN HET MODEL	24
5.1 Algemeen	24
5.2 Kalibratiegegevens	24
5.3 Kalibratieperiode	24
5.4 Kalibratie van drainage- en infiltratieweerstanden	27
5.5 Gevoeligheidsanalyse	28
5.6 Kalibratie van weerstanden en transmissiviteiten	30
5.7 Kalibratie resultaten	32
5.8 Betrouwbaarheid model	34

6	BESCHRIJVING EN UITWERKING ALTERNATIEVEN	39
6.1	ALGEMEEN	39
6.2	Huidige situatie	39
6.2.1	Het grondwatersysteem	39
6.2.2	Het oppervlaktewatersysteem	43
6.2.3	Waterkwaliteit	44
6.2.4	Water- en stoffenbalans ten behoeve van beoordeling alternatieven	46
6.3	Alternatief 1: scheiding van natuur en wateropgave	49
6.3.1	Beschrijving alternatief	49
6.3.2	Beschrijving effecten seizoenberg	50
6.3.3	Beschrijving effecten piekberg	55
6.4	Alternatief 2: Gecombineerde piek- en seizoenberg:	
	landschap met nieuwe vorm	58
6.4.1	Beschrijving alternatief	58
6.4.2	Beschrijving effecten seizoenberg	59
6.4.3	Beschrijving effecten piekberg	62
6.5	Alternatief 3a: gecombineerde piek- en seizoenberg: water voor natuur	64
6.5.1	Beschrijving alternatief	64
6.5.2	Beschrijving effecten seizoenberg	66
6.5.3	Beschrijving effecten piekberg	69
6.6	Alternatief 3b: gecombineerde piek- en seizoenberg: waterkwaliteit	71
6.6.1	Beschrijving alternatief	71
6.6.2	Beschrijving effecten seizoenberg	72
6.7	Beschrijving effecten piekberg	75
7	UITWERKING VOORKEURALTERNATIEF	77
7.1	Beschrijving voorkeursalternatief	77
7.2	Beschrijving effecten seizoenberg	79
7.3	Beschrijving effecten piekberg	83
8	REFERENTIES	85

INLEIDING

Algemeen

De gemeenten Den Haag, Leidschendam-Voorburg en Zoetermeer, de Hoogheemraadschappen van Rijnland en Delfland, het Waterschap Wilck en Wiericke (sinds 1 januari 2005) en de provincie Zuid-Holland hebben enige tijd geleden het initiatief genomen voor een herinrichting van de Nieuwe Driemanspolder. Het voornemen is gericht op een functieverandering van het huidige agrarisch gebruik naar natuurontwikkeling, recreatie, seizoensberging en piekberging. De bergingsfunctie die de polder gaat krijgen zal gevolgen hebben voor het grondwater in de omgeving. Omdat inzicht gekregen moet worden in de effecten van deze functieverandering op het grondwater is een geohydrologisch en geotechnisch onderzoek uitgevoerd. Dit rapport beschrijft de resultaten van het geohydrologisch onderzoek.

Doelstelling onderzoek

Het doel van het geohydrologisch onderzoek is een grote mate van zekerheid te verkrijgen over de (geo)hydrologische gevolgen van een aantal, in het kader van het MER, uit te werken alternatieven voor de herinrichting van de Nieuwe Driemanspolder, waarbij met name de seizoens- en piekberging tot belangrijke effecten zal leiden voor onder meer de waterkwaliteit, grondwaterstanden (wateroverlast), de stabiliteit van bestaande kaden en bodemstabiliteit (risico van opbarsten).

Modelstudie, water- en stoffenbalans

Als onderdeel van het geohydrologisch onderzoek is een grondwatermodel opgesteld van de Nieuwe Driemanspolder en de omgeving. Met dit model zijn de effecten van de waterberging op de freatische grondwaterstanden, de stijghoogte in het watervoerend pakket en de kwel in beeld gebracht (*de primaire effecten*).

De berekeningsresultaten van het geohydrologisch model zijn daarnaast gebruikt om *de afgeleide effecten* in beeld te brengen. Dit betreft veranderingen in de waterkwaliteit, stabiliteitseffecten op bodem en bestaande kaden en effecten rond bestaande bebouwing. In verband hiermee is een water- en stoffenbalans opgesteld, waarbij is voortgebouwd op reeds uitgevoerde balansstudies van het Hoogheemraadschap van Rijnland. Ook zijn geotechnische berekeningen uitgevoerd. Voor de achtergronden hiervan wordt verwezen naar de aparte rapportage van het geotechnisch onderzoek.

MER Inrichtingsalternatieven

Met het grondwatermodel is in eerste instantie de huidige situatie in beeld gebracht. Vervolgens zijn de inrichtingsalternatieven doorgerekend zoals die uit het MER besluitvormingsproces naar voren zijn gekomen. Dit betreft de volgende vier alternatieven (voor een uitgebreide beschrijving wordt verwezen naar het MER-hoofdrapport en hoofdstuk 6 van voorliggende rapportage):

Alternatief 1: Scheiding van natuur en wateropgaaf. Hierbij wordt seizoens- en piekberging gescheiden. De seizoensberging wordt gecombineerd met een recreatieplas en de piekberging vindt in drie compartimenten plaats. Het piekbergingsgebied wordt ingericht als een gebied met weidevogelbeheer.

Alternatief 2: Landschap met nieuwe vorm. Hierbij worden seizoens- en piekberging gecombineerd. Bij dit alternatief worden bestaande (autonome) landschapsvormen bewaard en gecombineerd met nieuwe landschapsvormen. Seizoensberging vindt met name plaats in (bestaande) sloten die hiertoe worden verbreed en verdiept. Naast waterberging is er ruimte voor recreatie en agrarisch natuurbeheer.

Alternatief 3a: Water voor natuur. Dit alternatief combineert maximale waterberging met natuur. Een groot deel van de Nieuwe Driemanspolder wordt ingezet voor gecombineerde seizoens- en piekberging waarbij het gebied zich zal ontwikkelen tot natuurgebied, met extensieve recreatieve functies langs de randen. De bergingsopgave wordt vooral gerealiseerd door aanleg van een grootschalig moerasgebied.

Alternatief 3b: Waterkwaliteit. Dit alternatief betreft een variant op alternatief 3a. Bij alternatief 3a (en 1 en 2) is het voorgestelde peilbeheer binnen het seizoensbergingsgebied afgestemd op het realiseren van de gewenste natuurdoelen. Dit komt voor alternatief 1, 2 en 3a neer op een winterpeil van NAP -4,75 meter, met een uitzakking van 30 tot 50 cm gedurende de zomerperiode. Bij alternatief 3b is gekeken naar een hoger winterpeil, te weten NAP -4,25 meter. Met dit peil wordt niet alleen voldaan aan de realiseren van de gewenste natuurdoelen maar ook aan de wens om te komen tot verdergaande reductie van de voedselrijke kwel.

MER Voorkeursalternatief

In het MER zijn de uitgewerkte basisalternatieven beoordeeld op milieueffecten. Tevens is in het MER aangegeven welke maatregelen genomen kunnen worden om negatieve effecten te mitigeren. Op grond hiervan is uiteindelijk een meest milieuvriendelijk alternatief (MMA) opgesteld. Dit MMA is beschreven in het MER, zonder dat hiervoor aanvullende berekeningen zijn uitgevoerd. Uiteindelijk is men gekomen tot de samenstelling van een voorkeursalternatief (VA). Evenals de basisalternatieven is dit VA doorgerekend op geohydrologische en geotechnische effecten. De berekeningsresultaten betreffende de geohydrologische effecten zijn opgenomen in dit rapport.

Leeswijzer

In hoofdstuk 2 is een gebiedsbeschrijving gegeven, gericht op die onderdelen die van belang zijn voor het geohydrologisch onderzoek, te weten de geologie van het gebied en het (huidige) waterbeheer. In hoofdstuk 3 is de opbouw van het grondwatermodel beschreven (modelconcept). Het grondwatermodel is geijkt aan de hand van stijghoogten en een kwelflux. De kwelflux is afgeleid uit een water- en stoffenbalans. De resultaten hiervan zijn beschreven in hoofdstuk 4. Vervolgens is in hoofdstuk 5 een beschrijving gegeven van de calibratie van het grondwatermodel. Hoofdstuk 6 geeft een beschrijving en geohydrologische uitwerking van de huidige situatie en de hiervoor genoemde basisalternatieven. In dit hoofdstuk worden tevens de resultaten besproken van de water- en stoffenbalans die is opgesteld om iets te kunnen zeggen over de verwachte veranderingen in de waterkwaliteit ten gevolge van de wijzigingen in het peilbeheer. In hoofdstuk 7 ten slotte wordt ingegaan op de keuze voor en uitwerking van het voorkeursalternatief.

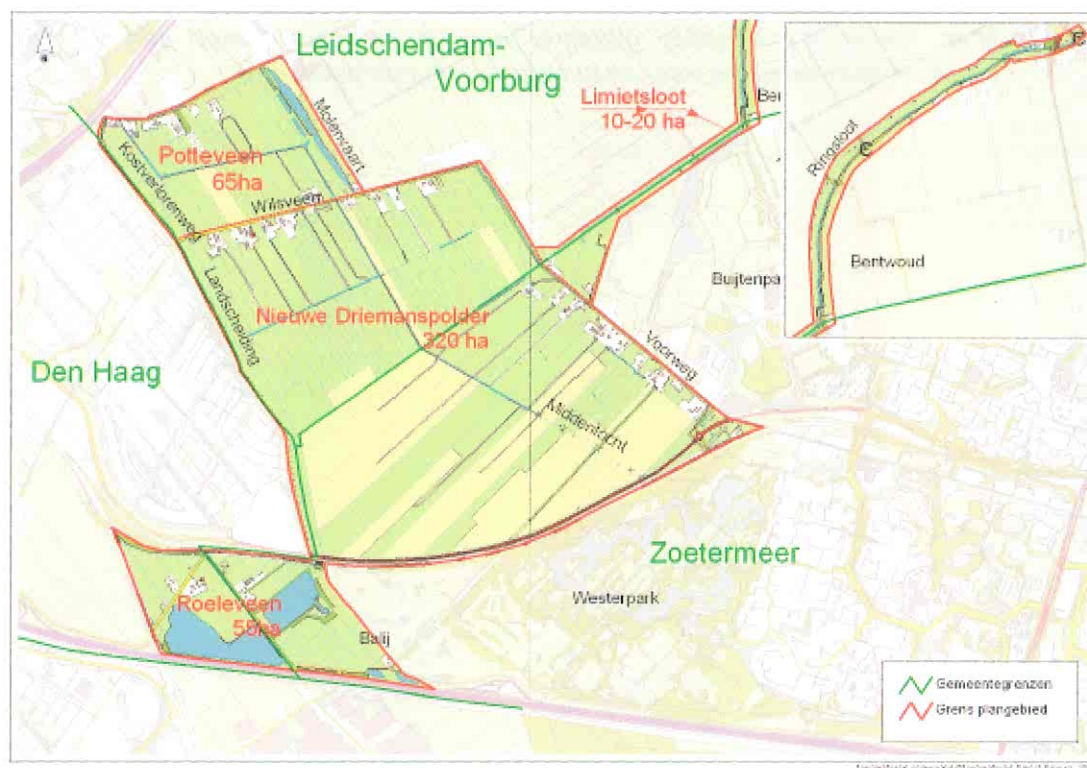
Noot: De lezer die alleen geïnteresseerd is in de resultaten van de alternatieven berekeningen raden wij aan om te beginnen in hoofdstuk 6.

2 GEBIEDSBESCHRIJVING

2.1 Algemeen

De Nieuwe Driemanspolder is gelegen tussen Leidschendam en Zoetermeer. Het gebied is het laatste restant van het oorspronkelijke open landelijk gebied tussen Den Haag, Leidschendam-Voorburg en Zoetermeer. Afbeelding 2.1 geeft een overzicht van de Nieuwe Driemanspolder met daarin aangegeven de ligging van het plangebied. Het landgebruik in dit deel van de Nieuwe Driemanspolder bestaat voornamelijk uit weiland (noordelijk deel) en akkerbouw (zuidelijk deel). Langs de randen van het plangebied is extensieve lintbebouwing aanwezig. Het maaiveld ligt tussen circa NAP -4,75 en -5,25 meter.

Afbeelding 2.1 Ligging Nieuwe Driemanspolder met plangebied



2.2 De geologie van het gebied

De afzettingen die van belang zijn voor dit geohydrologisch onderzoek behoren tot het Pleistoceen en tot het Holocene. De hieronder gelegen tertiaire afzetting, de Formatie van Oosterhout, wordt als ondoorlatende hydrologische basis beschouwd. Deze bevindt zich op een diepte van ongeveer NAP -250 meter onder het onderzoeksgebied.

Pleistocene afzettingen

Formatie van Maassluis

De diepste Pleistocene afzettingen behoren tot de Formatie van Maassluis. De Formatie van Maassluis is een mariene Formatie en bestaat voornamelijk uit een afwisseling van matig fijne tot matig grove slibhoudende zanden en van kleilaagjes. De Formatie van Maassluis is hierdoor matig doorlatend. De bovenkant van de laag ligt op dieptes variërend van NAP - 90 tot -120 meter.

Formatie van Tegelen en Kedichem

De Formatie van Maassluis wordt aan de bovenzijde begrensd door de Formaties van Tegelen en Kedichem. Dit zijn rivierafzettingen, die voornamelijk uit fijnkorrelig materiaal (rivierkleien en fijne slibhoudende zanden) bestaan. Er komen eveneens, als gevolg van oude stroomruggen, grofzandige insluitingen voor in dit pakket. De Formaties van Tegelen en Kedichem zijn in een groot deel van het onderzoeksgebied niet eenduidig van elkaar te scheiden. De top van de formatie van Kedichem is kleiig ontwikkeld en komt over het hele gebied voor. Deze bevindt zich op een diepte variërend tussen de NAP -30 en -40 meter.

Formatie van Urk , Kreftenheije, Twente en de Eemformatie

Boven de formatie van Kedichem bevinden zich in het hele gebied rivierafzettingen, die behoren tot de Formatie van Urk en de Formatie van Kreftenheije. Deze bestaan voornamelijk uit grove, vaak grindhoudende, zanden. Plaatselijk komen ook mariene afzettingen voor van de Eemformatie. Deze afzettingen bestaan uit grove, soms schelphoudende, zanden. Hierboven bevindt zich, uitstreckende over het hele gebied, een eolisch afgezette dekzandlaag die behoort tot de Formatie van Twente. De bovenzijde van de Formatie van Twente markeert de grens tussen de Pleistocene afzettingen en de Holocene afzettingen. Deze grens bevindt zich op een diepte variërend tussen NAP -15 en -20 meter.

Holocene afzettingen

Onderstaande informatie is voor een groot deel afkomstig van een beschrijving van de geologie van het gebied Nieuwe Driemanspolder [NITG-TNO, 2003].

Basisveen

Aan de basis van de Holocene afzettingen bevindt zich in een groot deel van het onderzoeksgebied een compacte veenlaag. Deze is ontstaan doordat, door afsmelting van de ijskap, die een groot deel van Nederland bedekte aan het einde van het Pleistoceen, de vegetatie intensief toenam. Hierdoor ontstond een veenlaag variërend van enkele centimeters tot een meter dik. Door samendrukking van het veen is deze laag, mits aaneengesloten, zeer ondoorlatend. Deze veenlaag wordt het Basisveen genoemd. Door transgressie van de zee, is het basisveen op enkele plaatsen doorsneden door zeearmen. Op deze plaatsen is het basisveen afwezig.

Formatie van Echteld

Bovenop het basisveen bevinden zich bijna overal kleilagen. Aan de zee zijn dit strandwallen en wadachtige afzettingen, in het binnenland, bijvoorbeeld ter hoogte van de Nieuwe Driemanspolder zijn dit mariene kleien (Formatie van Echteld). In deze periode van zeespiegelstijging, ging het aanwezige (Rijn) riviersysteem over van een vlechtend naar een meanderend systeem, het geen binnen deze Formatie heeft gezorgd voor een afwisseling van zand (stroomgordels) en klei (kommen). Het gebied van de Nieuwe Driemanspolder ligt aan de rand van het oorspronkelijke dal van dit riviersysteem. Grote riviersystemen komen daarom hier niet voor. Er worden slechts kleine geulen aangetroffen afkomstig van crevasse-systemen. Deze crevasse-systemen ontstaan tijdens natuurlijke overstromingen van de grote riviersystemen. Daarbij wordt een sterk vertakt netwerk van kleine geultjes in de komgebieden gevormd.

Hollandveen en Laagpakket van Wormer

Door het ontstaan van een strandwalgebied kwam het gebied aan de kust wat hoger te liggen, waardoor er door windophoping duinen konden ontstaan. Hierdoor bestaat de bovenste laag van het Holocene pakket in het duingebied voornamelijk uit zand. Als gevolg hiervan raakte het achterland geïsoleerd van de zee, waardoor het achterland een lagune-achtig karakter kreeg. Hierdoor kon opnieuw veenvorming ontstaan (het Hollandveen Laagpakket). In de Nieuwe Driemanspolder komt dit Hollandveen in meerdere lagen voor, met een dikte van elk circa 0,5 meter, afgewisseld door klei- en zandafzettingen (getijdegeul, getijdeplaat en lagunaire afzettingen, Laagpakket van Wormer). Op sommige plaatsen ontbreekt het veen als gevolg van latere erosie. Ook zijn sterke reliëfverschillen ontstaan door verschillen in klink na de vorming van het veen. Verder is een deel van het veen verdwenen door afgraving.

2.3 Waterbeheer huidige situatie

Sinds de ontginning en het droogmalen kent de Nieuwe Driemanspolder een complex en intensief afwateringssysteem. Centrale watergangen zijn de Limietsloot, Stompwijksevaart en Molenvaart. Via het gemaal Driemanspolder in het noordwesten wordt afgewaterd op de boezem. Het schouwpeil op de boezem is NAP -0,6 meter, hiertoe behoort ook de Stompwijkse vaart. Het peil in de Molenvaart en Voortocht is NAP -1,7 meter. In de Ringvaart rond de Zoetermeersche Meerpolder bedraagt het peil NAP -2,2 meter. In de Nieuwe Driemanspolder zelf liggen de peilen tussen NAP -4,8 (Roeleveen), NAP -5,5 meter (Potteveen) en NAP -5,8 tot -6,0 meter (centrale deel Nieuwe Driemanspolder). Zoetermeer watert via een sloot langs de Landscheiding af richting de Vliet. Deze sloot wordt tevens sporadisch gebruikt als noodoverstort voor het riool van Zoetermeer [Startnotitie m.e.r. Nieuwe Driemanspolder, januari 2004].

Om eutrofiëring via kwel in de polder tegen te gaan wordt in de zomerperiode water uit de boezem ingelaten. Dit gebeurt op vier plaatsen langs de oostzijde van de polder. Onbekend is om hoeveel water dit gaat.

De Nieuwe Driemanspolder als watersysteem is groter dan het deel rond het plangebied. Oostelijk van het plangebied ligt het (grotendeels) bebouwde deel van de Nieuwe Driemanspolder, bestaande uit de Zoetermeerse stadswijken Buytenpark, Buytenwegh, De Leyens, Westerpark en Meerzicht. Dit deel van de Nieuwe Driemanspolder watert via gemaal De Leyens aan de oostzijde af op de Zoetermeerse Plas [Balansen en waterkwaliteit Waterplan Zoetermeer, september 2004].

Ten noordoosten van de Nieuwe Driemanspolder bevindt zich de Drooggemaakte Grote Polder (DGP). In de huidige situatie volgt het wateroverschot uit de DGP via een stuw de route via de verschillende Zoetermeerse wijken naar gemaal de Leyens. Het water uit de DGP kent een hoog chloride- en nutriëntgehalte. De belasting van het stadswater van Zoetermeer met dit water wordt als niet optimaal beschouwd. In verband hiermee worden alternatieve afwateringssituaties onderzocht, waaronder een route via Potteveen, naar gemaal Driemanspolder, en vandaar naar Rijnlands boezem [Memo Hoogheemraadschap Rijnland, april 2004].

3 OPBOUW GRONDWATERMODEL

3.1 Modelopzet: lokaal versus regionaal systeem

Het model heeft als doel om, op voldoende gedetailleerde wijze, stijghoogteberekeningen uit te kunnen voeren. Om dit te realiseren is binnen het totale modelgebied een aandachtsgebied gekozen. Binnen het aandachtsgebied is het detailniveau van uitwerking groter dan voor de rest van het modelgebied. Onderscheid in detailniveau richt zich vooral op de ondergrond (geologie) en het oppervlaktewatersysteem.

Het aandachtsgebied betreft het plangebied van de Nieuwe Driemanspolder en een zone eromheen waarbinnen effecten door maatregelen worden verwacht. Binnen dit aandachtsgebied is het *lokale systeem* goed in beeld gebracht. De Holocene deklaag is met veel detail gemodelleerd waarbij kreekrugafzettingen en mariene geulen als watervoerende lagen zijn ingebracht binnen de deklaag. Wat betreft het oppervlaktewatersysteem zijn alle afzonderlijke watergangen opgenomen in het model.

In het overige deel van het modelgebied ligt de nadruk vooral op het goed in beeld brengen van het *regionale systeem*. Hiertoe is een aanzienlijk deel van de provincie Zuid-Holland in het model opgenomen, waaronder het duingebied. Dit is gedaan omdat het duingebied voor een groot deel het regionale stromingspatroon bepaalt. Wat betreft de ondergrond is hier vooral gekeken naar schematisatie van het Pleistoceen (toekenning van weerstanden en doorlatendheden voor de verschillende scheidende en watervoerende lagen). Wat betreft het oppervlaktewatersysteem zijn alleen de hoofdwatergangen als afzonderlijke watergangen opgenomen in het model. De kleinere watergangen (poldersloten) zijn verdisconteerd in een gebiedsdekkend drainage-systeem.

De effectberekeningen zijn berekend met een stationair model. Voor de modellering van het grondwatersysteem is gebruik gemaakt van het eindige elementen grondwaterstromingspakket TRIWACO.

3.2 Bepaling Modelgrenzen

De verwachte grondwaterstroming in de diepere, watervoerende pakketten in het gebied is vanuit het noordwesten in oostelijke en zuidoostelijke richting. Ten noordwesten van het aandachtsgebied liggen de duinen met de waterwingebieden van het duinwaterbedrijf DZH. In de duinen vindt infiltratie naar het grondwater plaats en vanuit deze hoog gelegen duinen stroomt het grondwater naar de lager gelegen delen van de binnenduintrand en de achtergelegen polders. De westelijke modelgrens is ten westen van de kustlijn gekozen om de invloed van de duinen en de Noordzee op het grondwatersysteem goed in het model op te kunnen nemen.

De noordelijke, zuidelijke en oostelijke modelgrenzen zijn zodanig gekozen dat veranderingen aan de randen geen effecten meer hebben op de stijghoogte in het aandachtsgebied. Ruwweg kan gesteld worden dat veranderingen aan de randen geen effect meer hebben op een punt op een afstand van $3 \cdot \lambda$ de spreidingslengte (λ). De spreidingslengte wordt bepaald door de hydraulische weerstand van de scheidende lagen en de transmissiviteit van het watervoerend pakket en bedraagt in dit geval ongeveer 3 km.

Waar mogelijk, is voor de modelgrenzen een watergang aangehouden. Zo is voor de noordelijke modelgrens de Oude Rijn gekozen en voor de oostelijke modelgrens de Rotte. Voor de zuidelijke modelgrens was het niet mogelijk om deze te laten samenvallen met een watergang. De zuidelijke modelgrens is ten zuiden van Den Haag en Delft komen te liggen.

3.3 Modelschematisatie in watervoerende pakketten en scheidende lagen

Het model is opgebouwd uit 6 watervoerende lagen (wvp) en 5 slechtdoorlatende of scheidende lagen (sdp). De eerste drie wvp's en sdp's vormen samen de watervoerende en waterscheidende lagen van het Holoceen, de overige lagen maken onderdeel uit van het Pleistocene pakket. Figuur 3.1 toont een overzicht van de modelschematisatie.

De wvp's en sdp's zijn overal aanwezig in het model, ook als de laag 'fysisch' niet aanwezig is. Als een laag niet overal in het modelgebied voorkomt, wordt deze gemodelleerd als een heel dun laagje met een zeer gering watervoerend vermogen of hydraulische weerstand. Op deze manier wordt het continue karakter van een laag in het model gehandhaafd terwijl de fysische eigenschappen van de bodem in werkelijkheid niet veranderen.

Onderstaand wordt vanaf maaiveld tot basis van het model een beschrijving gegeven van de verschillende wvp's en sdp's:

- De bovenkant van het model is het maaiveld. Het maaiveld in deze modelstudie is gebaseerd op het AHN.

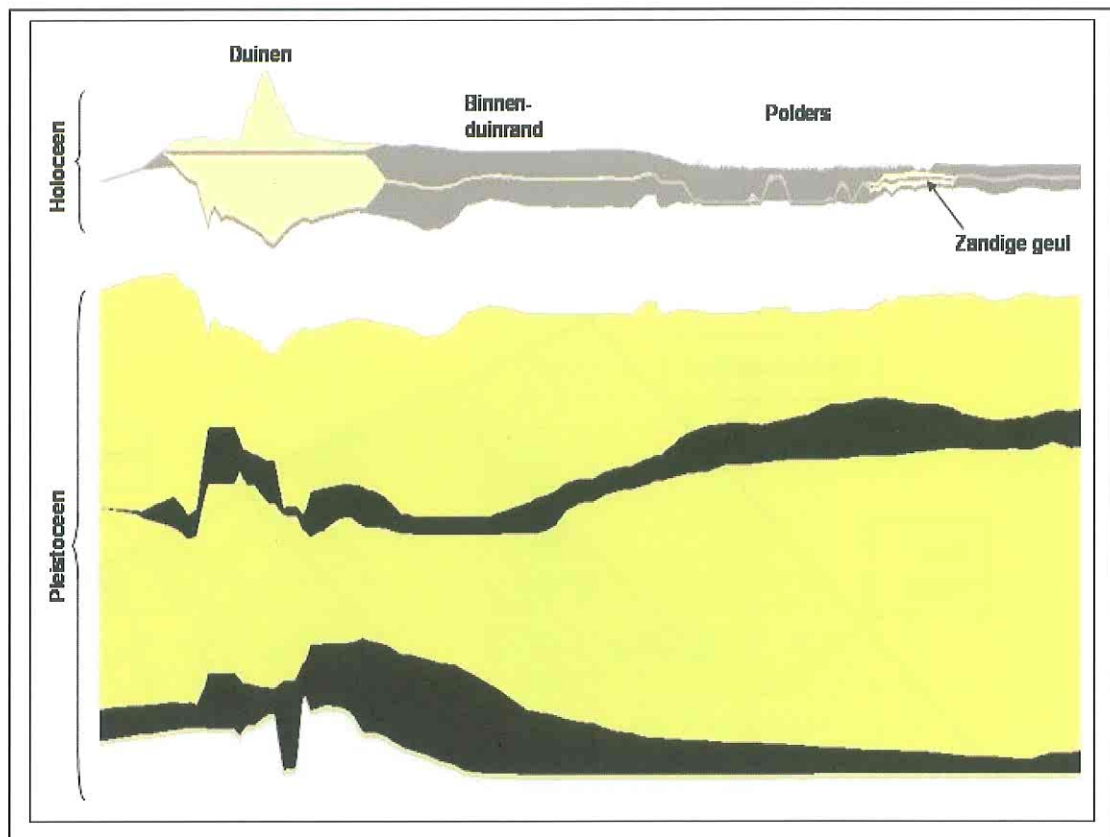
De Holocene pakketten

- De eerste watervoerende modellaag bestaat uit de Jonge Duinen in het duingebied en de binnenduinrand. Deze is afwezig in de achterliggende polders.
- De eerste scheidende laag bestaat in het duingebied en de binnenduinrand uit het Hollandveen. In de achterliggende polders is deze laag het deel van de deklaag, dat zich boven de zandige delen (in de Nieuwe Driemanspolder betreft dit de zandige geulen binnen Laagpakket van Wormer) van de deklaag bevindt. Deze toplaag bestaat voornamelijk uit klei en in mindere mate uit Hollandveen.
- De tweede watervoerende laag bestaat in het duingebied uit de oude duinzanden en strandwallen. In de polders stelt deze laag (samen met het derde watervoerende pakket) de zandige beter doorlatende delen van de deklaag voor.
- De tweede scheidende laag is in het duingebied en de binnenduinrand afwezig. Onder de polders stelt deze laag de verticale weerstand van de zandige delen van de deklaag voor.
- De derde watervoerende laag komt in het duingebied en de binnenduinrand niet voor. Onder de polder stelt deze laag, samen met het tweede watervoerende pakket de zandige beter doorlatende delen van de deklaag voor.
- De derde weerstandslaag is onder de duinen het Basisveen. In het overige deel van het modelgebied bevat deze laag ook de weerstand van het Basisveen en van bovenliggende klei. Onder de polders stelt deze laag het deel van de deklaag voor, dat zich onder de meer zandige delen (zandige geulen) van de deklaag bevindt.

De Pleistocene pakketten

- De zandlagen van de Formatie van Twente, Formatie van Kreftenheije, de Eemformatie en de Formatie van Urk, vormen de vierde watervoerende modellaag.
- De vierde scheidende laag is geschematiseerd als de voorkomens van Kedichemklei.
- De vijfde watervoerende laag bestaat uit de zandige delen van de formatie van Tegelen en de Formatie van Kedichem.
- De kleiige delen van de Formatie van Kedichem, Tegelen en Maassluis vormen samen de vijfde scheidende laag.
- De zesde watervoerende laag is voorgesteld als de zandige delen van de Formatie van Maassluis.
- De basis van het model wordt gevormd door de formatie van Oosterhout.

Afbeelding 3.1 Modelschematisatie



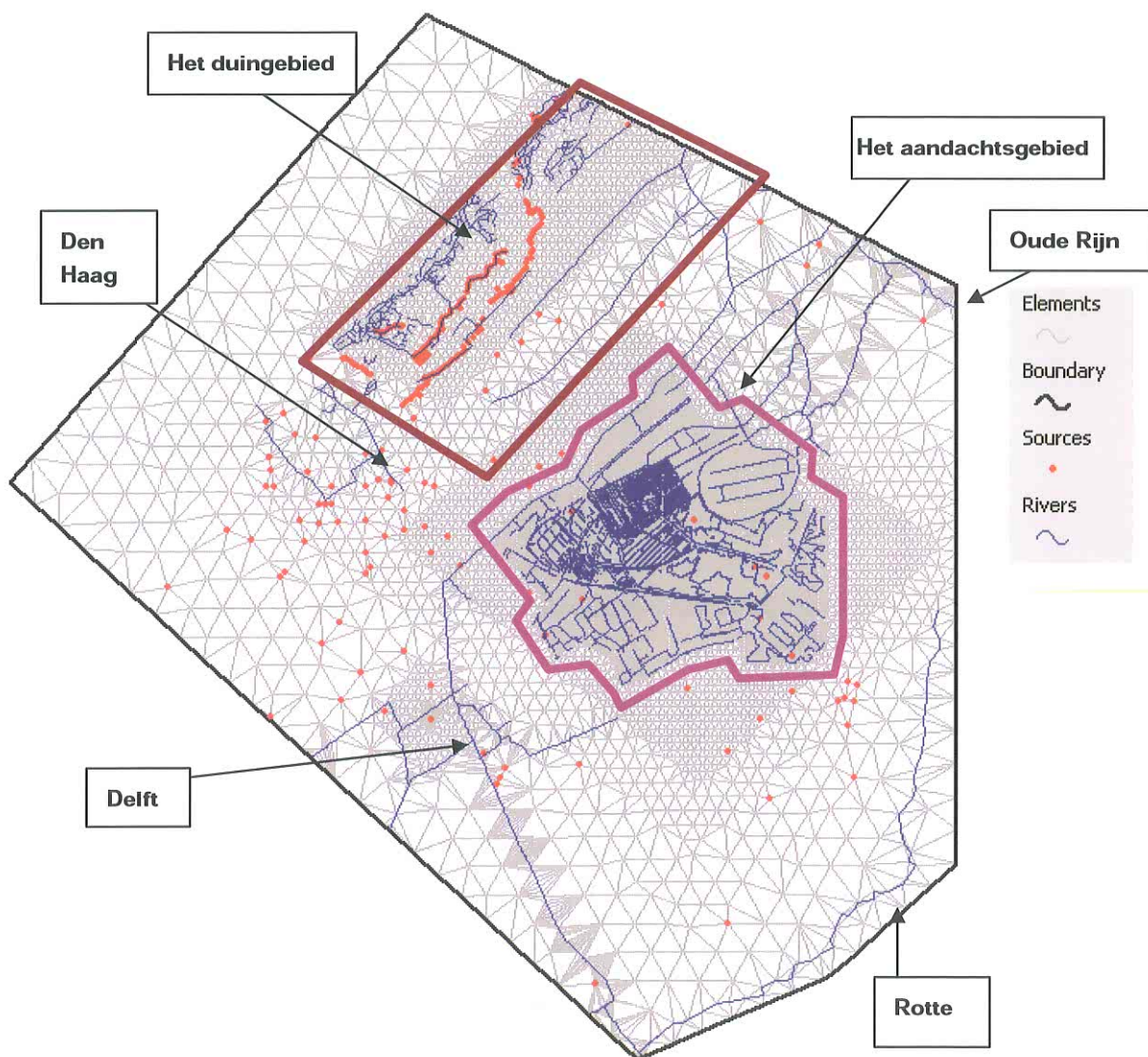
De geologische opbouw in het gebied is beschreven aan de hand van de volgende informatiebronnen:

- Het pleistocene deel van de ondergrond is geïnterpreteerd met behulp van de bodemkaarten van NITG-TNO (REGIS).
- Voor het holocene deel van de ondergrond is onderscheid gemaakt tussen drie gebieden. Het dungebied, het aandachtsgebied en het overige gebied (zie figuur 3.2).
 - * het Holoceen onder de duinen is overgenomen uit een eerdere modelstudie in opdracht van NV Duinwaterbedrijf Zuid-Holland ('DZH-model');
 - * het Holoceen buiten de duinen en buiten het aandachtsgebied (overig gebied) is overgenomen uit een eerdere modelstudie (Zuid-Holland West model) in opdracht van de provincie Zuid-Holland ('ZHW-model');
 - * binnen het aandachtsgebied is gebruik gemaakt van 2 bronnen. Daar waar beschikbaar is het, door NITG-TNO, in opdracht van de Provincie Zuid Holland, gemaakte deklaag model van de Nieuwe Driemanspolder gebruikt. [NITG-TNO, 2003, het 'TNO-model']. Voor het deel van het aandachtsgebied waarvoor geen deklaagmodel is gemaakt, zijn alle boringen uit het DINO-loket van NITG-TNO opgevraagd en geïnterpreteerd.

3.4 Het Netwerk

Voor het model is een netwerk gegenereerd bestaande uit 123782 elementen en 61952 knopen. Het netwerk is weergegeven in figuur 3.2. De maximale knoopsafstand is 1000 meter. Er zijn echter vele verfijningen aangebracht, vooral daar waar het oppervlaktewatersysteem in detail in beeld is gebracht.

Afbeelding 3.2 Modelnetwerk



We onderscheiden het duingebied, het aandachtsgebied en het overig gebied. Het duingebied rond de DZH winningen is expliciet gemodelleerd. Dit wil zeggen dat het hele systeem van infiltratie en drainage er als daadwerkelijke individuele lijnelementen en putten in is gebracht. Hierbij is de werkelijke ligging van de waterlopen gehandhaafd.

Dit vereist een hogere mate van detail en dus is de knooppuntsafstand teruggebracht tot 250 meter.

Voor het aandachtsgebied is het merendeel van het oppervlaktewater in het model opgenomen. Voor de Nieuwe Driemanspolder en de directe omgeving zijn alle watergangen opgenomen. In de Zoetermeerse meerpolder en in een deel van de Grote Drooggemaakte Polder zijn niet alle watergangen opgenomen. De knooppuntsafstand binnen het aandachtsgebied varieert tussen de 15 en de 100 meter.

3.5 Initiële parameters watervoerende pakketten

De watervoerende pakketten worden in TRIWACO gekarakteriseerd via het doorlaatvermogen (KD) of in het geval van een freatisch pakket via de (horizontale) doorlatendheid k .

De initiële waarden van de doorlatendheid en weerstand, dus de waarden voorafgaand aan kalibratie, zijn ten dele overgenomen uit eerdere modelstudies voor hetzelfde gebied. Het gaat om de eerder genoemde studies betreffende het DZH-model, het Zuid-Holland West model en het Geohydrologisch onderzoek Nieuwe Driemanspolder van NITG-TNO.

Het doorlaatvermogen is het product van de doorlatendheid en de dikte van de laag. Tabel 3.1 toont de initiële k -waarden per watervoerend pakket binnen het Holocene.

Tabel 3.1 k -waarden watervoerende pakketten binnen Holocene (m/dag)

	WVP 1	WVP 2	WVP 3
k_H Duin (m/dag)	12.5	12.5	n.v.t.
k_H Polder (m/dag)	n.v.t.	5	5

T.p.v. de duinen

WVP 1 = jonge duinen

WVP 2 = oude duinen

T.p.v. de polder

WVP 2 en WVP 3

schematiseren samen de doorlatendheid van de deklaag

Gegeven de watervoerende dikte komt het doorlaatvermogen voor de duingebieden neer op 200 tot 400 m²/dag (jonge duinen) en circa 200 m²/dag (oude duinen). Het doorlaatvermogen in de polders is sterk afhankelijk van het wel of niet aanwezig zijn van zandige tussenlagen. De uitgangswaarden (voor WVP2 en WVP3 gezamenlijk) liggen tussen 0,2 m²/dag (geen tussenwandlagen) en 30 m²/dag (wel tussenwandlagen).

Voor de watervoerende pakketten in het Pleistoceen zijn de waarden voor doorlatendheid en dikte (doorlaatvermogen) afgeleid uit de bestaande, gecalibreerde modellen. De initiële waarden voor het doorlaatvermogen (kD -waarden) zijn weergegeven in tabel 3.2.

Tabel 3.2 kD-waarden watervoerende pakketten binnen Pleistoceen (m²/dag)

	WVP 4 Twente, Kreftenheye, Eem en Urk	WVP 5 Tegelen en Kedichem	WVP 6 Maassluis
Doorlatendheid modelgebied (m ² /dag)	350-1000	150-550	350-600
Doorlatendheid aandachtsgebied (m ² /dag)	450-750	400-500	450-550

3.6 Initiële parameters scheidende lagen

De scheidende lagen worden gekarakteriseerd door de hydraulische weerstand c (dagen). De aanname is dat deze voor de ondiepe kleilagen binnen het Holoceen (sdp 1 en 2) gelijk is aan het quotiënt van de dikte van de laag (D) en de verticale doorlatendheid (K_v). De weerstand van het Basisveen (sdp3) wordt als vaste c -waarde gemodelleerd. Hier wordt dus niet naar de dikte van de laag gekeken. Dit is gedaan omdat het Basisveen zo compact is dat niet de dikte van de Basisveenlaag bepalend is voor de grootte van de weerstand, maar de aaneengeslotenheid. Tabel 3.3 en 3.4 tonen de initiële waarden voor de k_v of c waarde, zoals geïnterpreteerd uit de eerder genoemde rapporten en onderzoeken (zie paragraaf 3.5). Tabel 3.3 geeft de waarden weer voor de deklaag (het Holoceen), onderscheiden naar Hollandveen, kleilagen en Basisveen. Tabel 3.4 geeft een overzicht van de hydraulische weerstand (c in dagen) onderscheiden naar de deklaag (sdp1, sdp2, sdp3),

Tabel 3.3 Weerstanden en verticale doorlatendheden van de deklaag, binnen aandachtsgebied op grond van geohydrologisch onderzoek NITG-TNO

	Holoceen		
	Hollandveen	Klei	Basisveen
Hydraulische weerstand, c (dagen)	n.v.t.	n.v.t.	3000
Vertikale doorlatendheid, k_v (m/dag)	0,2	0,005	n.v.t.

Tabel 3.4 Weerstanden van de scheidende lagen

	Holoceen	Pleistoceen	
	Deklaag (sdp1 / sdp2 / sdp3)	Kedichemklei (sdp4)	Oosterhout (sdp5)
Weerstand hele modelgebied (d)	1000-30000	0 - 4200	1000-10000
Weerstand Aandachtsgebied (d)	1000-5000	300 - 1500	1500-4000

3.7 Het Topsysteem

Het topsysteem regelt de koppeling tussen oppervlaktewater en neerslag enerzijds en de watervoerende pakketten anderzijds. Als invoer van het topsysteem zijn belangrijk de grondwateraanvulling, de drainage- en infiltratieweerstanden van het ontwaterings-systeem en de peilen van de waterlopen.

De interactie tussen oppervlaktewater en grondwater wordt via het topsysteem geregeld in gebieden waar weinig detail vereist is. In gebieden waar veel detail benodigd is, wordt elke individuele watergang in het model gezet. Als watergangen expliciet in het model worden gezet wordt tussen deze watergangen de opbolling van de grondwaterstand berekend (de grondwaterstand in de sloot is dan het polderpeil). In de gebieden waar de watergangen niet expliciet in het model zijn ingevoerd wordt voor het gehele beschouwde (peil)gebied een gemiddelde grondwaterstand berekend tussen polderpeil en maximale grondwaterstand.

Daar waar de watergangen expliciet in het model zijn verwerkt is aangegeven hoe diep deze watergangen insnijden in de klei of veenlaag. De weerstand van de scheidende laag die ingesneden wordt, wordt overeenkomstig de diepte van de uitsnede aangepast.

In het model zijn de volgende diepte-niveau's aangehouden:

Greppels	0,2 m-mv
Perceelsloten	0,3 m-mv
Hoofdsloten en tussenboezem	1,0 m-mv
Boezem	2,5 m-mv

In afbeelding 3.2 is te zien welke watergangen individueel in het model zijn ingevoerd (zie 'rivers') De ligging en typering van watergangen is overgenomen uit de TOP10-vector kaart.

De drainage- en infiltratiekanalen van de Waterleidingduinen zijn expliciet in het model gezet omdat:

1. De infiltrerende werking van de duinen bepalend is voor de grondwaterstroming in de diepere pakketten.
2. De informatie omtrent bodemdiepten van de kanalen, drainageweerstanden, peilen en onttrekkingshoeveelheden in detail beschikbaar is.

Het oppervlaktewatersysteem rondom het aandachtsgebied is expliciet in het model gezet vanwege de gewenste mate van detail wat betreft de effectvoorspelling.

3.8 Topsysteem parameters

Grondwateraanvulling

De grondwateraanvulling wordt berekend uit de neerslag, de jaarlijkse verdamping per type bodemgebruik en het percentage verharde en onverharde grond. Dit gebeurt via de volgende relatie:

$$Q = (P - f \cdot E)$$

Q is de grondwateraanvulling, P de neerslag, E de (Makkink)-verdamping en f een faktor waarin gewasfactoren en mate van verhard/onverhard oppervlak verwerkt zijn.

Er wordt gebruik gemaakt van de kalibratieperiode 1 april 1990 tot 31 maart 1997. In hoofdstuk 4 (Kalibratie van het model) van dit rapport wordt deze keuze nader toegelicht.

De gemiddelde neerslag over deze periode is bepaald met behulp van de data van het KNMI neerslag station Wassenaar. Voor de gemiddelde referentie verdamping is KNMI station Valkenburg gebruikt. De gewasfactoren per type gewas zijn ontleend aan het Cultuurtechnisch vademecum (Vereniging voor Landinrichting, 2000). Voor het bepalen van het bodemgebruik is het LGN4 grid van Alterra gebruikt.

Polderpeilen

De peilen van de peilvakken zijn opgevraagd bij de Hoogheemraadschappen van Delfland en Schieland en het waterschap Wilck en Wiericke (per 1-1-2005 Hoogheemraadschap van Rijnland). Er is voor gekozen om het gemiddelde van zomer en winterpeil aan te houden (voor zover er verschil aanwezig is).

Drainage-en Infiltratieweerstanden

Er is voor gekozen om met verschillende drainageniveaus te werken. De interactie tussen deze drainagemiddelen wordt verwerkt in het topsysteem.

Voor een deel van het gebied zijn de watergangen, vlakdekkend, met infiltratie- en drainageweerstanden gemodelleerd. Voor een deel van het gebied zijn de watergangen door middel van lijnelementen gemodelleerd. De vlakdekkende infiltratie en drainageweerstanden zijn buiten het aandachtsgebied overgenomen uit voorgaande modelstudies ('DZH-model' en 'ZHW-model'). Hetzelfde geldt voor de drainage- en infiltratieweerstanden van de lijnelementen buiten het aandachtsgebied (veelal de boezemkanalen zoals de Schie, Rijn-Schiekanaal, etcetera)

Binnen het aandachtsgebied geldt voor de lijnelementen dat de weerstand van de deklaag onder het lijnelement is aangepast afhankelijk van de mate van insnijding van de sloot of het kanaal. De watergangen krijgen een intree- of uittree weerstand. Voor de drainage weerstand is in eerste instantie 2 dagen gekozen en voor de infiltratieweerstand 500 dagen.

In die gebieden waar niet alle sloten expliciet in het model zijn opgenomen is gebruik gemaakt van de vuistregel: afstand tussen sloten is gelijk aan drainageweerstand (bron: stromingen nr 4, 2002). Voor deze sloten is de infiltratieweerstand niet van toepassing (omdat in deze gebieden de sloten niet infiltreren).

3.9 Randvoorwaarden

De randvoorwaarden zijn overgenomen uit het Zuid-Holland West model. Hiertoe zijn de randen van het model gelegd over het Zuid-Holland West model en de stijghoogten ter plaatse toegekend aan deze randen.

3.10 Onttrekkingen

De grootte van de onttrekkingen in de duinen is (winningen DZH) overgenomen uit het DZH model. De gegevens met betrekking tot de industriële onttrekkingen (debiet, filterstelling, coördinaten) zijn bij de Provincie Zuid Holland opgevraagd. De jaargemiddelde debieten binnen de calibratieperiode (1 april 1990 tot 31 maart 1997) zijn ingevoerd in het model.

3.11 Zoet zout grensvlak

Het zoet-zout grensvlak is overgenomen uit de grondwaterkaart van Nederland. Voor het diepere, zoute grondwater corrigeert TRIWACO de berekende stijghoogten voor zoet water.

4 WATERBALANSANALYSE TEN BEHOEVE VAN CALIBRATIE GRONDWATERMODEL

4.1 Algemeen

Tijdens de uitvoering van het project is gebruik gemaakt van water- en stoffenbalansen. Doelstelling bij het gebruik van deze balansen was tweeledig:

1. Analyse van inlaat- en uitlaatgegevens (kwantiteit en chloride) met als doel te komen tot een realistische inschatting van de kwel in het gebied. Dit gegeven is vervolgens, naast stijghoogtemetingen, gebruikt bij het de kalibratie van het grondwatermodel. Zodoende wordt beschikbare (meet)informatie van het watersysteem optimaal gebruikt om te komen tot een betrouwbaar grondwatermodel.
2. Onderzoek naar de effecten van gewijzigd peilbeheer (de alternatieven) op de water- en stoffenbalans van het gebied. De resultaten hiervan worden gebruikt bij de m.e.r. effectbeoordeling.

De resultaten van ad 1 worden in dit hoofdstuk besproken en gebruikt bij de kalibratie als onderdeel van hoofdstuk 5. De resultaten van ad 2 worden besproken in hoofdstuk 6, als onderdeel van de beschrijving en beoordeling van de alternatieven.

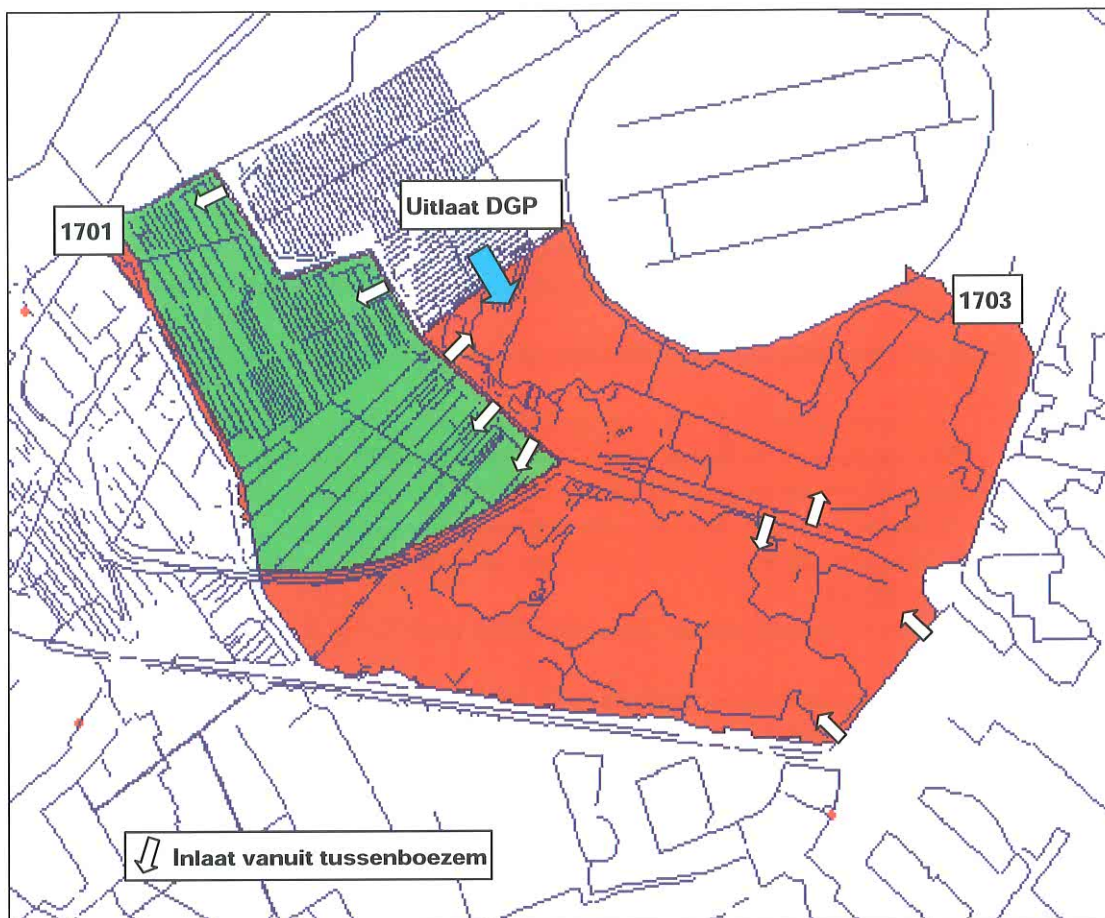
4.2 Situatieschets

Het plangebied maakt onderdeel uit van een groter gebied, behorend tot de Nieuwe Driemanspolder. In afbeelding 4.1 is dit gebied aangegeven. Het plangebied (groen gemarkeerd) wordt bemalen door het gemaal Driemanspolder (1701) aan de westzijde. Het overige deel van de Nieuwe Driemanspolder wordt bemalen door gemaal De Leyens (1703) aan de oostzijde. De uitlaatgegevens van deze gemalen zijn bekend (draaiuren en gemaalcapaciteiten).

Aan de noordzijde van dit gebied wordt water ingelaten vanuit de Drooggemaakte Grote Polder (DGP) (zie afbeelding 4.1). Dit water wordt afgevoerd via gemaal de Leyens in oostelijke richting. Voor de afvoer van dit water loopt een studie naar alternatieve afvoerroutes. In het kader van deze studie zijn schattingen gemaakt van het afvoerproces van water vanuit de DGP (memo en gegevensbestanden, Rijnland, april 2004). Ook deze term is dus redelijk goed bekend.

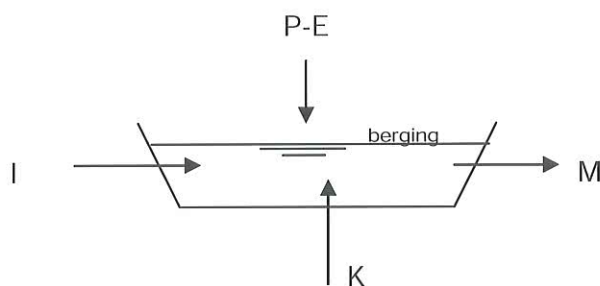
Daarnaast wordt op diverse plaatsen vanuit de tussenboezem water ingelaten in de verschillende delen van de Nieuwe Driemanspolder (zie afbeelding 4.1). Onbekend is hoeveel water wordt ingelaten.

Afbeelding 4.1 Nieuwe Driemanspolder met gemalen Driemanspolder (1701) en Leyens (1703)



4.3 Uitgangspunten voor waterbalans analyse

De waterbalans analyse is uitgevoerd voor de Nieuwe Driemanspolder als geheel. Er is een waterbalans op maandbasis opgesteld over meerdere jaren. Hierbij is onderstaand schema gebruikt.



De polder wordt gezien als een bak met water. Hier komt door het neerslagoverschot (P-E) water bij (voorjaar/najaar) of gaat water uit (zomer). Daarnaast komt via kweI (K) en inlaat (I) water in het systeem. Uitlaat vindt plaats via de maal (M). Als laatste is er de berging die per maand verandert. Echter over het jaar en zeker over enkele jaren beschouwd zal de bergingsverandering netto nul zijn.

Neerslag/verdamping en uitlaat zijn bekend. De termen kwel en inlaat vanuit de tussenboezem zijn niet bekend. Van de inlaat vanuit de DGP is, door het uitgevoerde onderzoek, een redelijk goed beeld beschikbaar.

De waterbalans analyse is uitgevoerd voor de Nieuwe Driemanspolder als geheel. Hierbij is de inlaat vanuit de DGP aangehouden als (bekende) inlaatterm. De inlaat vanuit de boezem en de kwel is samengenomen als onbekende 'kwel'term. Door in aanvulling hierop ook gebruik te maken van beschikbare chlorideconcentraties van zowel het kwelwater als het inlaatwater vanuit de tussenboezem kan het aandeel kwel en het aandeel inlaatwater via tussenboezem toch redelijk goed worden geschat.

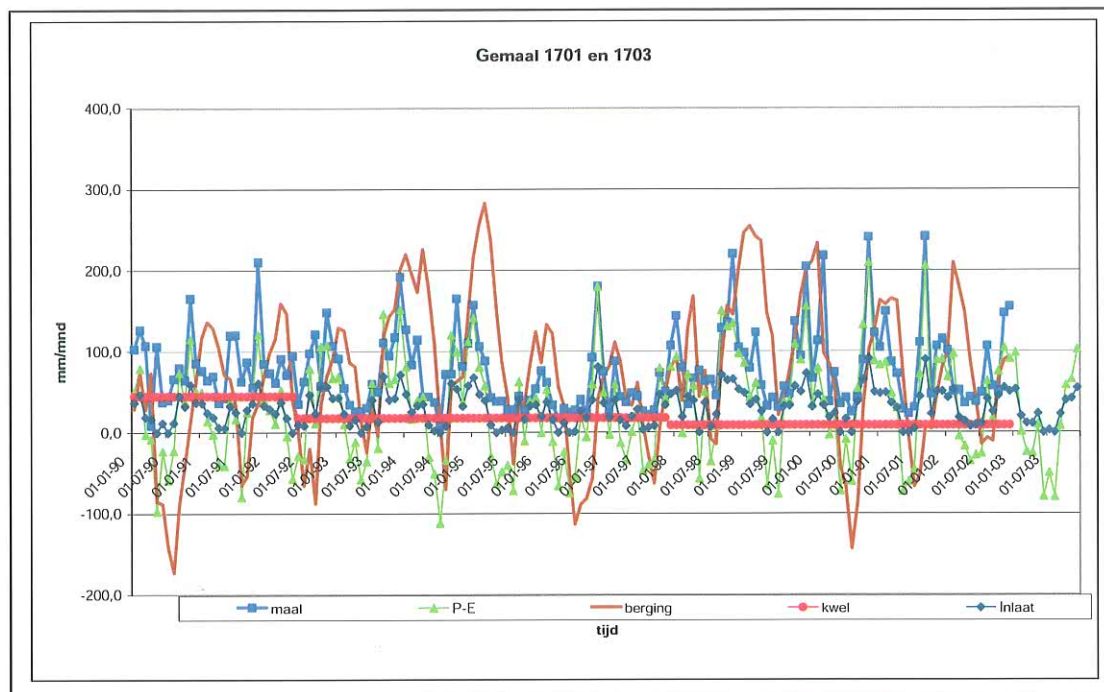
Voor de verschillende balanstermen zijn de volgende gegevens gebruikt:

- gemeten neerslag en verdampingscijfers (op maandbasis) van de stations Wassenaar en Valkenburg over de periode 1990 – 2002;
- berekende inlaat (afvoer vanuit DGP) in dezelfde periode op basis van onderzoek 'Effecten op de boezem als gevolg van gewijzigd afvoerbeleid van de Grote Drooggemaakte Polder' (memo en bijbehorende basisbestanden van HHS Rijnland, april 2004);
- gemeten afvoer van de gemalen 1701 en 1703 in dezelfde periode (HHS Rijnland, 2004);
- gemeten chlorideconcentraties in de top van het eerste watervoerend pakket ten noorden, zuidoosten en zuiden van de Nieuwe Driemanspolder (IWACO, 1995-1998 en Rijnland, 2004);
- gemeten chloride concentraties in de tussenboezem, periode 1997 – 2000 (Rijnland, 2002).

4.3 Resultaten

In afbeelding 4.2 is het resultaat van de waterbalans analyse weergegeven. Per maand staan de balanstermen in mm per maand weergegeven. De reeksen neerslag-verdamping, maal en inlaat (vanuit DGP) betreffen meetreeksen. De 'kwel'term (kwel + inlaat vanuit tussenboezem) is zo ingeschat dat de berging over de jaren heen een realistisch verloop heeft.

Afbeelding 4.2 Resultaat waterbalans analyse

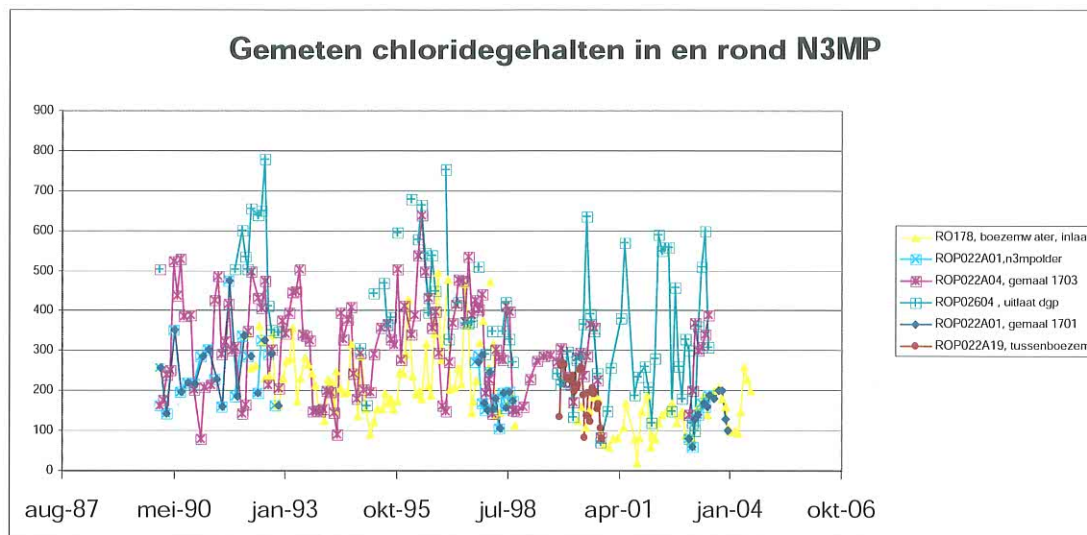


Resultaat is dat, wanneer het door de gemalen 1701 (Driemanspolder) en 1703 (Leyens) gezamenlijk bemalen gebied wordt beschouwd er dan een 'kwel+extra inlaatterm' lijkt te bestaan die vanaf 1990 tot 2002 is afgenomen van circa 1,5 mm naar circa 0,3 mm/dag (gemiddeld circa 0,65 mm/dag). Uit het stijghoogteverloop in het watervoerend pakket ter hoogte van de Nieuwe Driemanspolder valt geen verband met afnemende kwelintensiteit op te maken (stijghoogte redelijk constant). De afnemende 'kwel' term zou kunnen duiden op een afname van de inlaat vanuit de tussenboezem (minder lekverlies door onderhoud aan inlaten?).

Om de verschillen tussen de balanstermen beter in de vingers te krijgen is tevens gekeken naar de beschikbare chloridemetingen. Afbeelding 4.3 toont de gemeten chloride concentraties in een aantal representatieve meetpunten (zie legenda bij afbeelding). Wat opvalt zijn de hoge chloridegehalten, representatief voor het water uit de DGP (meetpunt ROP02604). Het water uit de DGP is van relatief slechte kwaliteit door een aantal 'zoute' wellen en doordat het gebied in gebruik is landbouwgrond (Rijnland, 2004). De chloridegehalten die representatief worden geacht voor het water in de NDMP zijn incidenteel gemeten (ROP022A01) en liggen tussen de 100 en 350 mg/l.

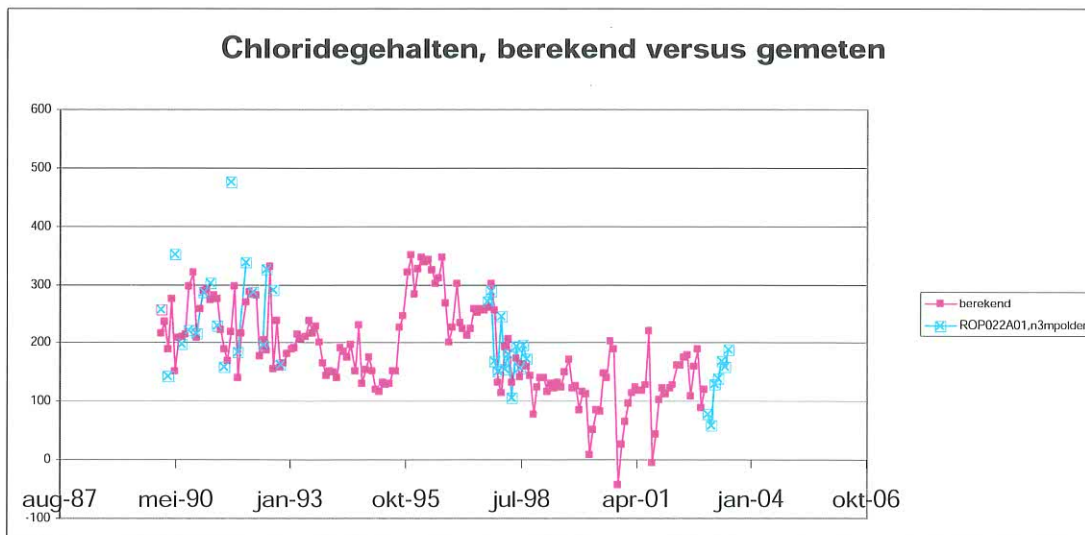
In de top van het eerste watervoerend pakket zijn chloridegehalten beschikbaar ten zuidoosten (Westerpark, IWACO, metingen periode 1995-1998) en ten noorden en ten zuiden van de Nieuwe Driemanspolder (bemonstering Rijnland, najaar 2004). De metingen van IWACO en Rijnland komen goed overeen. De gemeten gehalten liggen voor het merendeel tussen 30 en 60 mg/l met incidentele uitschieters naar boven (circa 250 mg/l).

Afbeelding 4.3 Gemeten chloridegehalten in en rond de Nieuwe Driemanspolder



De verschillende gemeten waterbalanstermen en bijbehorende gemeten chloridegehalten zijn gecombineerd. Vervolgens is het chloridegehalte van de balansterm 'kwel+inlaat via tussenboezem' zo gekozen dat gemeten en berekende chloridegehalten in de Nieuwe Driemanspolder zo goed mogelijk overeenkomen (zie afbeelding 4.4). De fit is optimaal bij een chloridegehalte (kwel + inlaat via tussenboezem) van circa 150 mg/l.

Afbeelding 4.4 Berekende versus gemeten chloridegehalten in de Nieuwe Driemanspolder



Het chloridegehalte van het grondwater in het watervoerend pakket ter hoogte van de NDMP bedraagt gemiddeld (inclusief hoge uitschieters) circa *60 mg/l*. De gemiddelde kwaliteit van het tussenboezemwater (meetpunt ROP022A19) over de balansperiode bedraagt circa *200 mg/l*. De berekende gemiddelde kwelflux over de beschouwde balansperiode bedraagt *0,65 mm/dag* (kwel + inlaat via tussenboezem). Uit deze gegevens kan de bijdrage vanuit werkelijke kwel en inlaat via tussenboezem worden afgeleid:

$$(Q_{kw} * C_{kw} + Q_{tb} * C_{tb}) / (Q_{kw} + Q_{tb}) = C_{(kw + tb)}$$

$$C_{(kw + tb)} = 150 \text{ mg/l}$$

$$C_{kw} = 60 \text{ mg/l}$$

$$C_{tb} = 200 \text{ mg/l}$$

$$Q_{kw} + Q_{tb} = 0,65 \text{ mm/dag}$$

Voor de kwel is deze bijdrage 0,2 à 0,25 mm/dag. De bijdrage van de inlaat is ongeveer twee keer zo groot (0,4 à 0,45 mm/dag).

De berekende term voor de kwel vanuit het watervoerend pakket is gebruikt als initiële waarde voor de calibratie van het grondwatermodel. Op grond van het gecalibreerde model is vervolgens de kwel voor het plangebied van de Nieuwe Driemanspolder afgeleid.

5 KALIBRATIE VAN HET MODEL

5.1 Algemeen

Alvorens het grondwatermodel gekalibreerd kan worden dient een kalibratieperiode gekozen worden en dienen de kalibratiegegevens (stijghoogtemetingen en kwelgegevens) bekend zijn.

Parameters die in aanmerking voor kalibratie zijn parameters met een grote onzekerheid en/of parameters met een grote *gevoeligheid*. Om te bepalen welke parameters een grote gevoeligheid hebben, wordt een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd. De gevoelige parameters worden vervolgens ook gekalibreerd.

In dit hoofdstuk wordt allereerst ingegaan op de kalibratiegegevens en wordt vervolgens de keuze voor de kalibratieperiode bepaald. Daarna wordt de kalibratie van de onzekere parameters (drainage- en infiltratieweerstanden) besproken. Hierop volgend wordt de gevoeligheidsanalyse besproken, gevolgd door de kalibratie zelf. Vervolgens worden de kalibratieresultaten besproken en tenslotte de resultaten van de betrouwbaarheidsanalyse.

5.2 Kalibratiegegevens

Voor het kalibreren van dit model is gebruik gemaakt van de volgende gegevens:

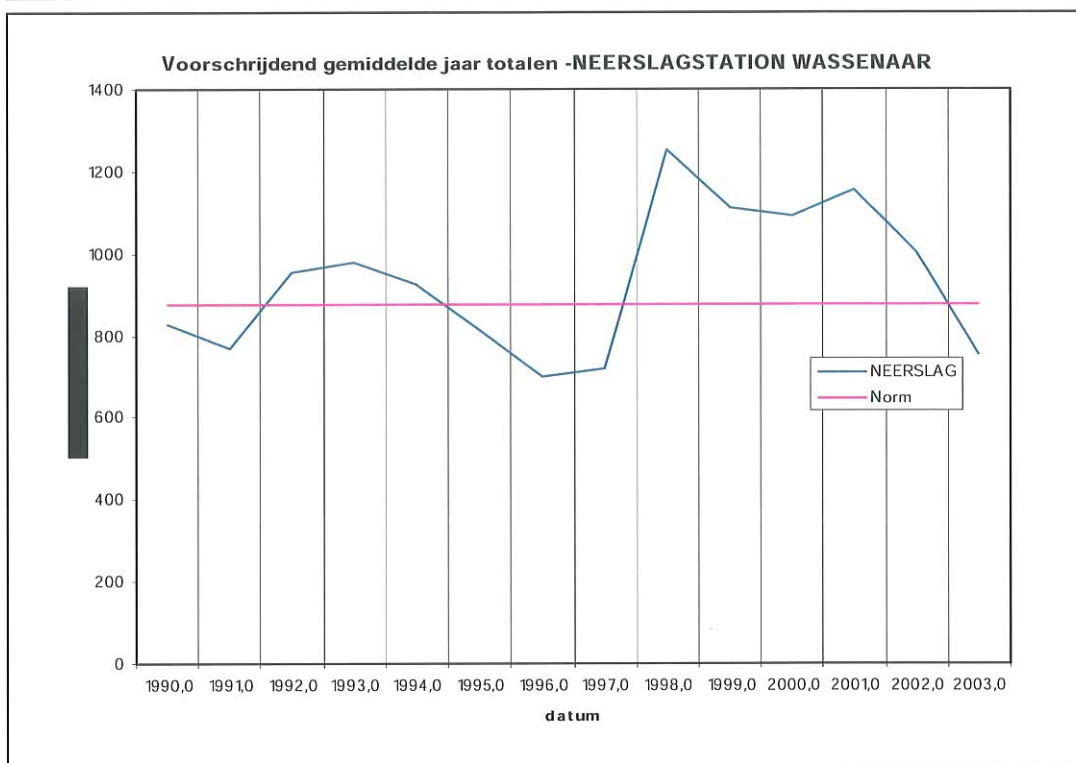
- gemiddelde stijghoogten in peilbuizen voor de gekozen kalibratieperiode. De metingen die zijn gebruikt voor het ijken van het model zijn afkomstig uit de zogenaamde DINO database welke wordt beheerd door NITG-TNO. Uit deze database zijn de stijghoogtemetingen voor de periode 1 april 1990 tot en met 31 mei 1997 opgevraagd (zie ook paragraaf 5.3). De met het grondwatermodel berekende waarden worden voor alle modellagen vergeleken met de gemeten waarden. Extra aandacht is daarbij uitgegaan naar grondwaterstanden in het aandachtsgebied en stijghoogten in het watervoerende pakket direct onder de klei/basisveen laag. De combinatie van deze twee is mede bepalend voor de kwelflux. Deze is onder meer van belang voor het bepalen van het opbarstingsrisico;
- de kwelintensiteiten zoals bepaald in hoofdstuk 4;
- maaiveldhoogtes en polderpeilen (gebruikt als indirecte informatie voor de kalibratie).

5.3 Kalibratieperiode

Voorafgaand aan de kalibratie is een kalibratieperiode gekozen. Met behulp van neerslagstation Wassenaar is per maand de gemiddelde neerslag voor het gebied uitgerekend. Voor de kalibratie is het wenselijk dat een tijdsperiode beschouwd wordt, die niet te droog noch te nat is. Voor elk neerslagstation zijn normen opgesteld die overeenkomen met het neerslagoverschot van een gemiddeld jaar. De gemeten neerslaggegevens worden getoetst aan deze normgegevens. Afbeelding 5.1 toont de grafiek van de jaargemiddelden van zowel de gemeten waarden als de norm waarden (meetstation Wassenaar). De normwaarden zijn constant voor een periode van 30 jaar, vandaar dat dit gemiddelde constant blijft over de beschouwde periode.

De verdamping is minder grillig dan de neerslag. Om deze reden is bij de keuze voor de ijkingsperiode alleen gekeken naar de neerslag.

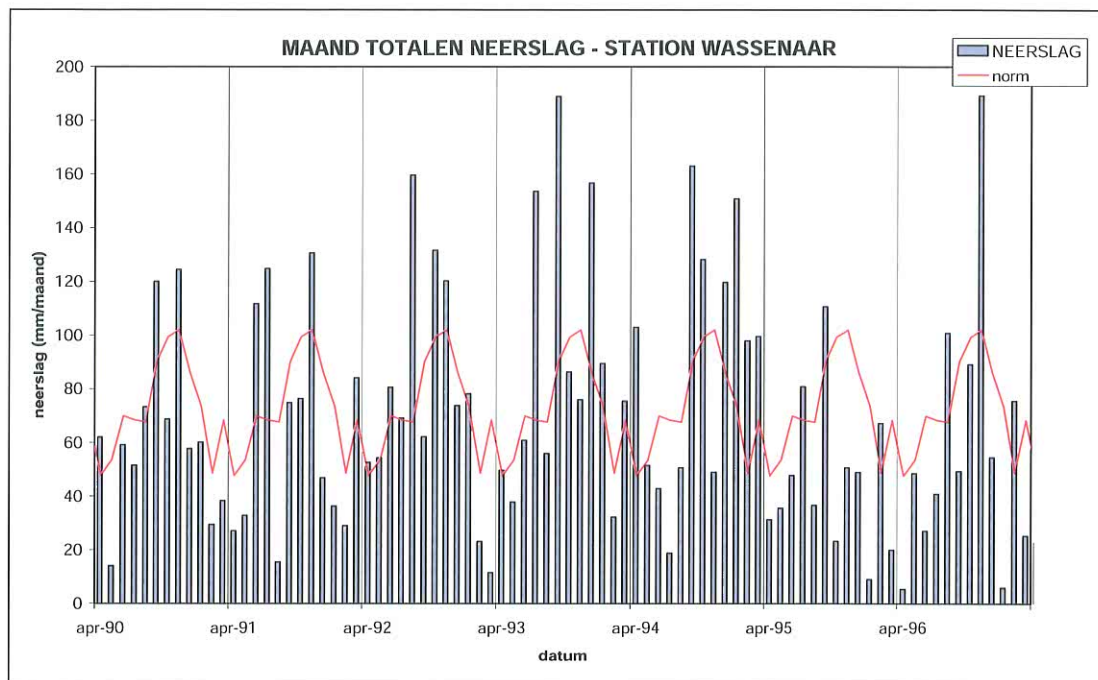
Afbeelding 5.1 Voortschrijdend gemiddelde jaarlijkse neerslagsommen, station Wassenaar



Een goede ijkperiode ligt rond het gemiddelde, maar het is van belang dat de periode ervoor ook niet te zeer van het gemiddelde afwijkt. Dit is belangrijk omdat het grondwatersysteem niet instantaan reageert op een verandering van neerslag. De periode ervoor heeft dus invloed op de grondwaterspiegel.

Voor de ijkperiode is gekozen voor de periode 1 april 1990 tot en met 31 maart 1997. De maandsommen komen voor deze jaren redelijk overeen met de normneerslag (zie afbeelding 5.2). Als invoer voor het model wordt de gemiddelde neerslag uit deze periode van station Wassenaar gebruikt. Voor de verdamping wordt de gemiddelde verdamping van station Valkenburg gebruikt.

Afbeelding 5.2 Absolute maandelijkse neerslagsommen, station Wassenaar



Stijghoogtemetingen

Voor de hiervoor genoemde periode zijn de stijghoogtemetingen opgevraagd en geanalyseerd. Per peilbuisfilter is bepaald in welk pakket zich het filter bevindt en wat de gemiddelde stijghoogte over de ijkingsperiode is.

Kwelmetingen

Een schatting voor de kwelintensiteit is afgeleid uit beschikbare waterbalansgegevens (kwantiteit en kwaliteit). Deze schatting van de kwel is, naast de stijghoogtemetingen gebruikt als kalibratiegegevens. Hierdoor wordt zoveel mogelijk gebruik gemaakt van beschikbare informatie uit metingen. In paragraaf 5.2 is beschreven voor welk gebied en aan de hand van welke gegevens dit is bepaald.

5.4 Kalibratie van drainage- en infiltratieweerstanden

Over de waarden die de intree (drainageweerstand) en uitree (infiltratieweerstanden) van de waterlopen in het aandachtsgebied is weinig bekend. Deze weerstanden zijn echter wel van belang voor het berekenen van, met name de freatische grondwaterstanden (het topsysteem). Alvorens in te gaan op de gevoeligheidsanalyse en de kalibratie van de weerstanden en transmissiviteiten (diepere watervoerende pakketten en scheidende lagen) wordt aandacht besteed aan de kalibratie van deze topsysteem parameters.

Drainage weerstand

Waterdeeltjes die beginnen in het regionale, eerste watervoerende pakket moeten eerst door de deklaag voordat deze in de sloot terechtkomen. Voor deze waterdeeltjes is de weerstand van de deklaag significant en speelt de drainageweerstand (intreeweerstand richting sloten) een verwaarloosbare rol. De drainageweerstand is echter wel van belang voor het berekenen van de freatische grondwaterstand. De grondwaterstand wordt berekend in een dummyspakket gelegen boven de Holocene deklaag. In deze laag geldt dat ter plaatse van de sloten de stijghoogte (grondwaterstand) gelijk is aan het polderpeil. Tussen de sloten is de stijghoogte (grondwaterstand) gelijk aan het polderpeil plus de opbolling tussen de sloten. Voor de ijking van de drainageweerstand van de sloten is met deze parameterwaarde gevarieerd, tot voor de opbolling een realistische waarde was verkregen (gebaseerd op polderpeilen, maaiveldhoogten en grondwatertrappenkaart). Op deze manier krijgt de dummy-modellaag boven de deklaag een stijghoogte (grondwaterstand) die overeenkomt met de werkelijke grondwaterstand en hierdoor is het potentiaal verschil over de deklaag ook in overeenstemming met de werkelijkheid.

Infiltratie weerstand

De (tussen)boezemkanalen in het gebied infiltreren water. Watergangen die infiltreren bouwen over het algemeen een sliblaag op de bodem van deze watergangen op. Deze sliblaag zorgt voor een extra intreeweerstand (infiltratieweerstand) op de bodem van de watergang. Voor de ijking van de infiltratieweerstand van deze watergangen is de infiltratieweerstand zo veranderd dat de stijghoogte in de "dummy"-modellaag tussen het (tussen)boezemkanaal en de eerste poldersloot een realistisch verloop heeft. Doordat er in het gebied veel minder boezemkanalen (met infiltratie) zijn dan poldersloten (met drainage) is het verloop tussen boezemkanaal en poldersloot minder belangrijk dan het verloop tussen de poldersloten onderling. Hierdoor is de drainage weerstand van de poldersloten ook een belangrijkere parameter dan de infiltratieweerstand van de (tussen)boezemkanalen.

5.5 Gevoeligheidsanalyse

Voorafgaand aan de ijking is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd. In de gevoeligheidsanalyse wordt bepaald in hoeverre een verandering in één van de parameters een significante verandering teweeg brengt in de resultaten van het model. Als dit optreedt, dan is deze parameter een gevoelige parameter.

De parameters die worden getoetst op gevoeligheid zijn die parameters waarvan verwacht wordt dat zij invloed hebben op het grondwatersysteem in het aandachtsgebied (expert judgement).

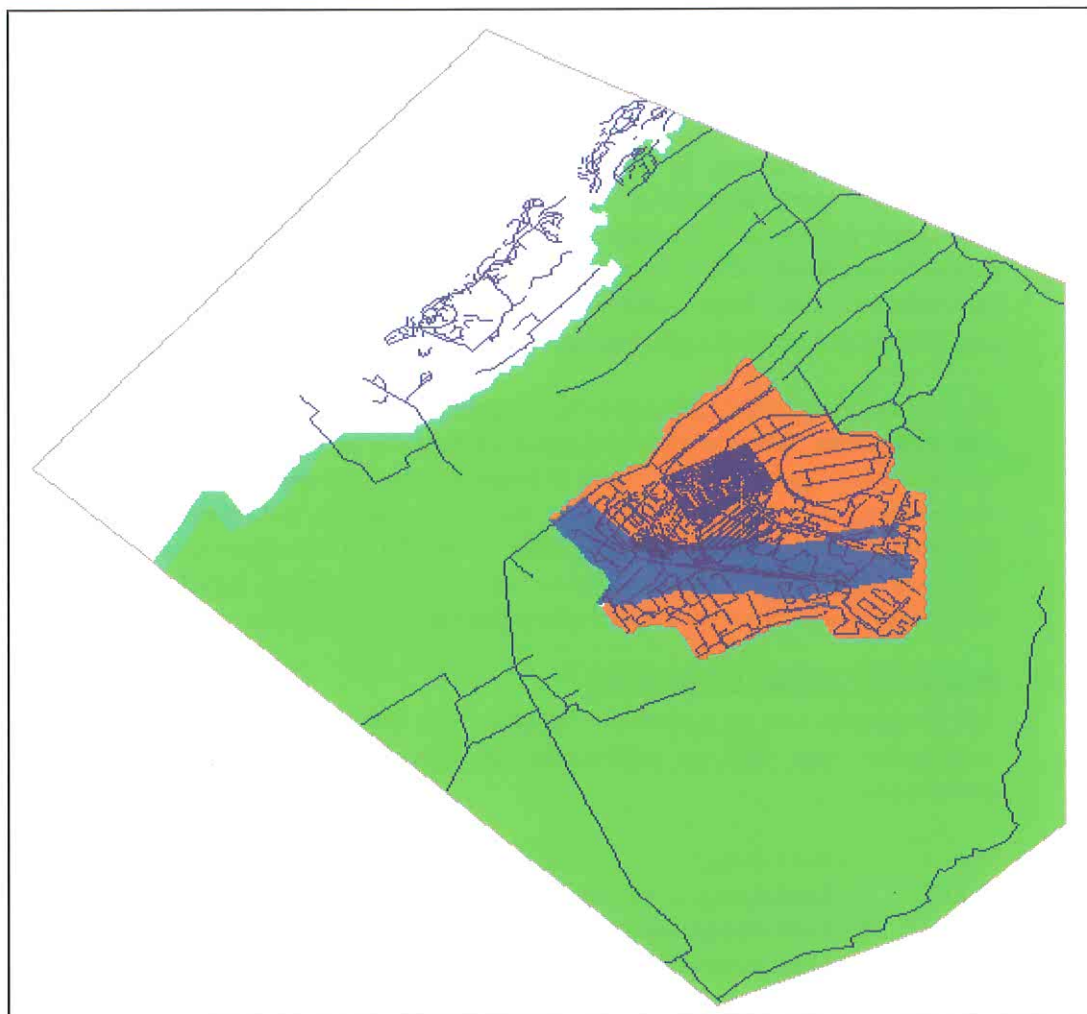
Parameters die wel van invloed zijn op het grondwatersysteem, maar geen invloed hebben op de effectberekeningen zijn bijvoorbeeld de weerstanden en doorlatendheden ter plaatse van de duinen en de weerstanden en doorlatendheden van de diepere pakketten. Deze parameters zijn uit eerdere modelstudies overgenomen en zijn eerder al gekalibreerd. Omdat deze parameters geen invloed hebben op de effectberekeningen zijn zij niet meegenomen bij de gevoeligheidsanalyse en de kalibratie.

Parameters die meegenomen zijn bij de gevoeligheidsanalyse zijn (zie voor toelichting bodemopbouw/modelschematisatie paragraaf 3.3):

- weerstand van de Holocene deklaag, te weten CL1 (deel weerstand boven tussenzandlagen) en CL3 (deel weerstand onder tussenzandlagen), onderscheiden naar drie gebieden;
- doorlatendheid van de deklaag, te weten TX2 (bovenste deel tussenzandlagen) en TX3 (onderste deel tussenzandlagen);
- doorlatendheid van het eerste watervoerende pakket (TX4).

De deklaag is, ruimtelijk gezien, onderverdeeld in drie gebieden, te weten het aandachtsgebied met uitzondering van de zandige geul, de zandige geul en het buitengebied. In afbeelding 5.3 zijn deze gebieden weergegeven.

Afbeelding 5.3 Ruimtelijke onderverdeling Holocene deklaag



Toelichting: aandachtsgebied m.u.v. zandige geul (rood), zandige geul (blauw) en het buitengebied (groen).

Om te bepalen hoe het systeem reageert op de modelparameters is steeds een berekening uitgevoerd waarbij de waarde van één parameter veranderd is. Vervolgens is gekeken hoe deze parameter bijdraagt aan de verandering van de waterbalansen en de verandering van de stijghoogtes.

De gevoeligheidsanalyse is zowel handmatig, als automatisch uitgevoerd. Bij de handmatige gevoeligheidsanalyse worden de parameters handmatig gevarieerd en wordt vervolgens gekeken hoe deze parameter bijdraagt aan de verandering van de waterbalansen en de verandering van de stijghoogtes. Voor de automatische kalibratie wordt gebruik gemaakt van een algoritme (het Levenbergh-Marquardt algoritme).

Uit de gevoeligheidsanalyse volgt dat de doorlatendheid van de deklaag (TX2 en TX3) niet gevoelig is. Deze wordt niet gekalibreerd. Tijdens de kalibratie wordt gekalibreerd op de weerstand van de Holocene deklaag (CL1 en CL3) en de doorlatendheid van het eerste watervoerende pakket (TX4).

5.6 Kalibratie van weerstanden en transmissiviteiten

Voor het ijken van de weerstand van de deklaag en de doorlatendheid van het eerste watervoerende pakket is gebruik gemaakt van de opgevraagde peilbuisgegevens over de ijkingsperiode en de bepaalde kwelintensiteit (zie hoofdstuk 4). Bij de ijking is gebruik gemaakt van wegingsfactoren voor de stijghoogtemetingen en de kwelintensiteit. Tijdens de kalibratie is de wegingsfactor van de kwel ten opzichte van de peilbuismetingen gevarieerd. Hetzelfde is gebeurd met de wegingsfactoren van de peilbuizen onderling. De wegingsfactor bepaalt de invloed van een verandering op het kalibratieresultaat. Een onzekere meting, ver van het aandachtsgebied, krijgt bijvoorbeeld een lage weegfactor, terwijl een nauwkeurige meting dichtbij het aandachtsgebied een hoge wegingsfactor krijgt.

Er is zowel handmatig als automatisch gekalibreerd. Het beeld dat de handmatige ijking laat zien komt overeen met het beeld verkregen uit de automatische kalibratie. Beide methoden zijn gebruikt om inzicht te krijgen in de juistheid van de parameterwaarden. In deze paragraaf zal dit inzicht aan de hand van de automatische kalibratie worden beschreven. De handmatige kalibratie is naast het verkrijgen van inzicht ook gebruikt voor de "fine-tuning". De resultaten van deze fine-tuning worden beschreven na de beschrijving van het resultaat van de automatische kalibratie.

Resultaten automatische ijking

Als onderdeel van de automatische ijking zijn 3 runs uitgevoerd. Bij deze runs zijn de wegingsfactoren van de peilbuizen ten opzichte van de weegfactor van de kwel gevarieerd.

- Run 1: De kwel weegt even zwaar als 1 peilbuis in het aandachtsgebied.
- Run 2: De kwel weegt even zwaar als alle peilbuizen samen.
- Run 3: De kwel weegt even zwaar als alle peilbuizen samen.
De deklaagweerstand van de zandige geul is vast gezet.

Bij de kalibratie is, evenals bij de gevoeligheidsanalyse, de deklaag is onderverdeeld in drie gebieden (zie afbeelding 5.3).

De resultaten van de runs zijn gepresenteerd in de tabellen 5.1, 5.2 en 5.3 en worden hierna toegelicht.

Tabel 5.1 Berekeningsresultaten calibratierun 1

	Deklaag [vermenigvuldigingsfactor]	Watervoerend pakket [vermenigvuldigingsfactor]
Aandachtsgebied	2,60	1,60
Geul	0,90	
Buitengebied	1,20	

Tabel 5.2 Berekeningsresultaten calibratierun 2

	Deklaag [vermenigvuldigingsfactor]	Watervoerend pakket [vermenigvuldigingsfactor]
Aandachtsgebied	0,75	1,90
Geul	0,003	
Buitengebied	1,05	

Tabel 5.3 Berekeningsresultaten calibratierun 3

	Deklaag [vermenigvuldigingsfactor]	Watervoerend pakket [vermenigvuldigingsfactor]
Aandachtsgebied	0,30	5,00
Geul	1,00	
Buitengebied	0,70	

Bij run 1 is te zien dat een betere fit van de stijghoogten bereikt wordt door de deklaag weerstand (met name in het aandachtsgebied) te verhogen. Hetzelfde geldt voor de transmissiviteit van het eerste watervoerende pakket. Deze run leidde tot een verbetering van de berekende stijghoogten ten opzichte van de gemeten stijghoogten, maar leidde tot een verslechtering van de kwelhoeveelheid.

Om te bekijken welke verandering van de parameters tot een verbetering van de kwel zou leiden is vervolgens run 2 uitgevoerd. Bij deze run ging de weerstand van de deklaag ter plaatse van de zandige geul zeer sterk naar beneden. De weerstand van de deklaag heeft kennelijk een grotere invloed op de kwel dan op de stijghoogten. Het merendeel van de kwel vindt nu via de zandige geul plaats.

De weerstandswaarde van de deklaag uit run 2 is te laag. In run 3 is gekeken wat de parameter waarden worden indien de geul niet kan variëren; verder is run 3 gelijk aan run 2. Nu de weerstand van de geul vaststaat gaat de weerstand van de deklaag naar een lagere waarde. Tevens schiet de transmissiviteit van het watervoerende pakket omhoog.

Resultaten handmatige ijking

Weerstand van de deklaag

Tijdens het ijken bleek dat een grotere weerstand van de deklaag tot een betere fit van de stijghoogten leidt. Echter een lagere weerstand van de deklaag geeft een beter resultaat voor de kwelhoeveelheid.

Omdat er nog veel twijfel bestaat over de in werkelijkheid optredende kwel, lijkt een grotere deklaagweerstand het meest waarschijnlijk. Dit kan echter niet met zekerheid gesteld worden.

Bij peilopzet, zoals in de scenario's, heeft een kleine deklaagweerstand in het aandachtsgebied een grotere invloed. Er is voor gekozen om de weerstand van de deklaag niet heel groot te laten worden zodat we aan de veilige kant zitten voor de later uit te voeren effectberekeningen. De vermenigvuldigingsfactoren ter plaatse van de geul en ter plaatse van het "buitengebied" worden overgenomen uit de eerste run van de automatische ijking.

Doorlatendheid van het eerste watervoerende pakket

Voor de doorlatendheid van het eerste watervoerende pakket geldt dat vergroten van de transmissiviteit tot een beter resultaat leidt voor zowel de stijghoogten als de kwel. De vermenigvuldigingsfactor voor de transmissiviteit is gelijk aan 1.5 genomen, ongeveer gelijk aan het resultaat van run 1 van de automatische ijking.

5.7 Kalibratie resultaten

De uiteindelijke vermenigvuldigingsfactoren, na kalibratie, staan in tabel 5.4 weergegeven.

Tabel 5.4 Resultaat vermenigvuldigingsfactoren na kalibratie

	Deklaag [vermenigvuldigingsfactor]	Watervoerend pakket [vermenigvuldigingsfactor]
Aandachtsgebied	1,0	1,50
Geul	0,90	
Buitengebied	1,20	

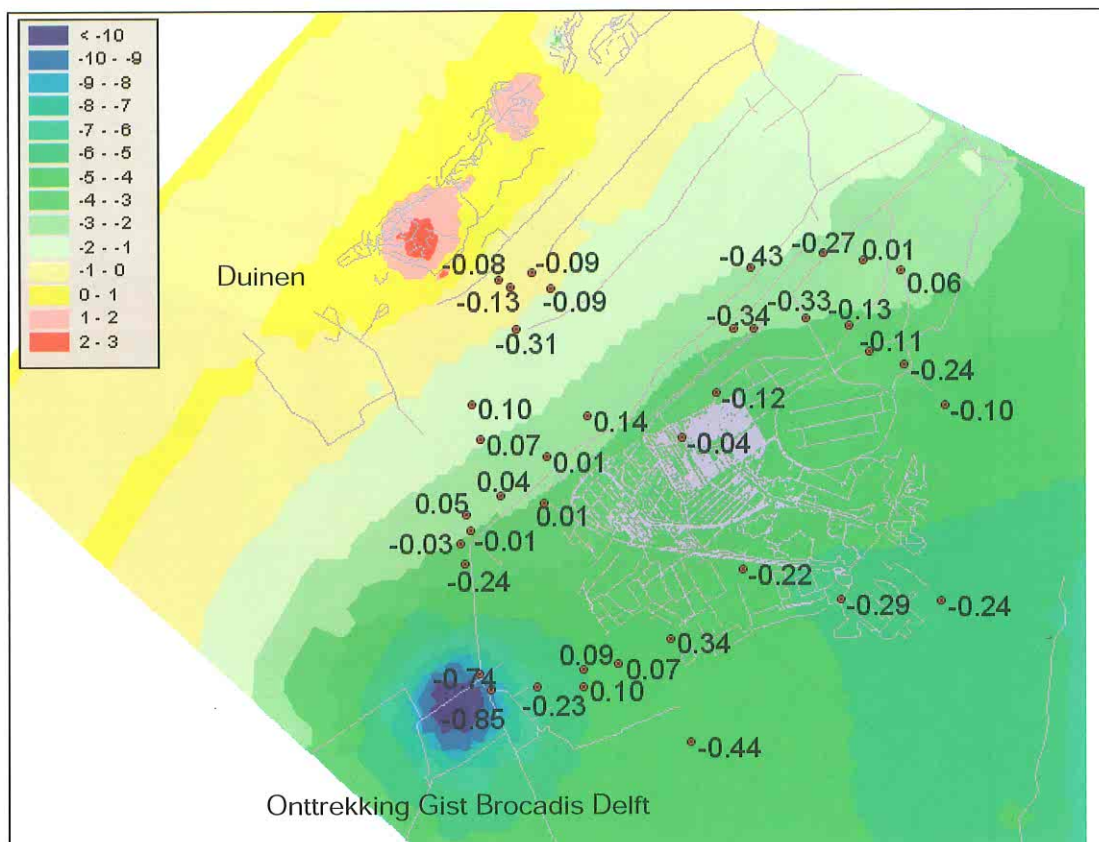
Stijghoogtes

De gemaakte aanpassingen aan de deklaagweerstand en transmissiviteit leiden tot het calibratieresultaat voor de stijghoogten zoals gepresenteerd in afbeelding 5.4.

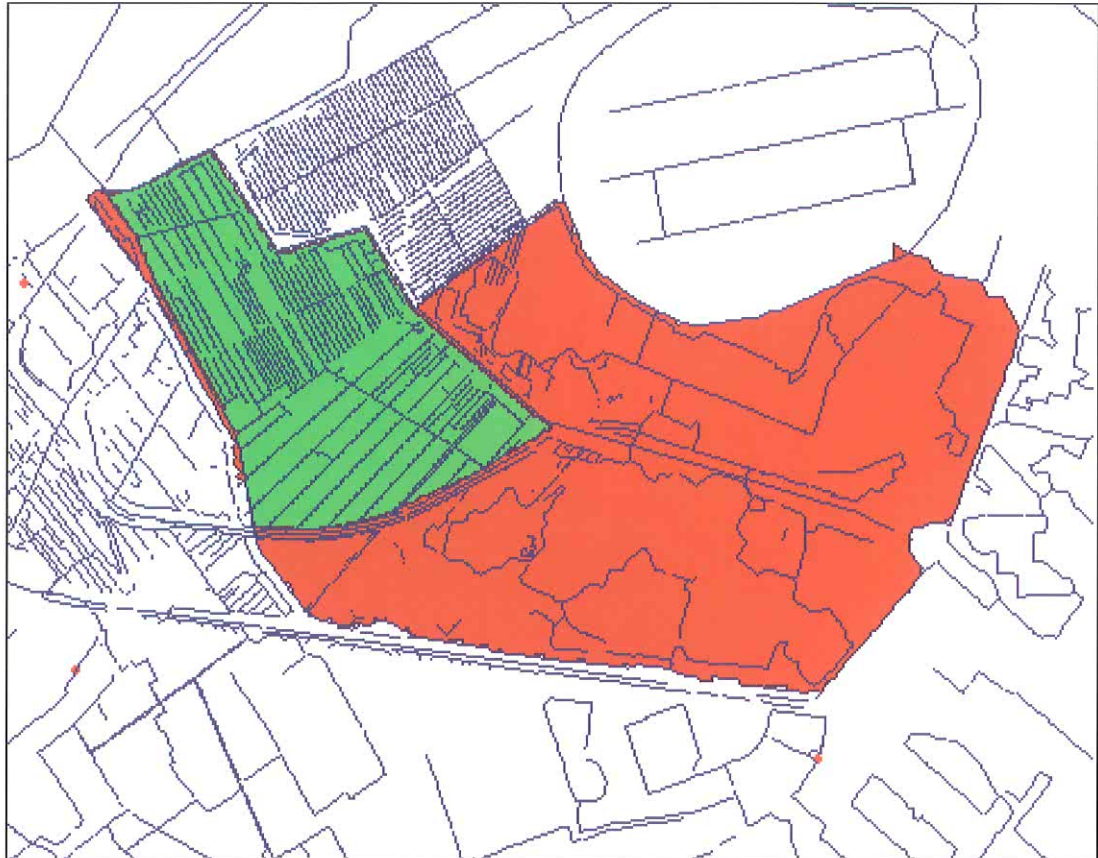
Kwel

In afbeelding 5.5 zijn de gebieden aangegeven waarvoor de kwel bepaald is. In het rode en groene gebied samen is een kwel van 0,25 mm/dag berekend. In alleen het groene gebied (het plangebied) is een kwel van 0,35 mm/dag berekend. De berekende kwel in het plangebied is daarmee nog iets lager dan de schattingen die destijds door Rijnland (2002) zijn gedaan (kwel tussen 0,5 en 1,25 mm/dag).

Afbeelding 5.4 Berekende stijghoogten in het eerste watervoerende pakket [m+NAP] en de afwijkingen ten opzichte van gemeten waarden [meter]



Afbeelding 5.5 Gebieden met kwelbepaling



Zoals reeds eerder aangegeven zou een hogere deklaagweerstand tot een iets beter resultaat hebben geleid wat betreft de stijghoogten. Te zien is dat in het aandachtsgebied de stijghoogten over het algemeen aan de lage kant zijn. Een hogere deklaagweerstand zorgt ervoor dat het polderpeil minder van invloed is op de stijghoogten in het watervoerende pakket. Hierdoor zouden de stijghoogten iets hoger worden. Het verhogen van de deklaagweerstand zou echter nog minder kwel tot gevolg hebben en de kwel is al lager dan de laagste schattingen. Om deze reden is besloten met de in tabel 5.4 genoemde vermenigvuldigingsfactoren door te gaan.

5.8 Betrouwbaarheid model

De betrouwbaarheid van de modeluitkomsten zijn afhankelijk van de betrouwbaarheid van de invoerparameters. De betrouwbaarheid van de invoerparameters is tijdens de scenarioberekeningen gebruikt voor de zogenaamde "maximaal-effect berekening". Deze "maximaal-effect berekening" is gebruikt voor het inschatten van de maximale geotechnische effecten die verwacht kunnen worden op de bestaande kaden rond het plangebied en bij eventuele instabiliteit van de ondergrond (risico voor opbarsten).

Uitgangspunt bij de betrouwbaarheidsanalyse is een correcte hydrologische schematisatie.

De onzekerheid van de modelinvoer op basis van de meetgegevens volgt uit de automatische gevoeligheidsanalyse beschreven in paragraaf 5.5. Uit de gevoeligheidsanalyse blijkt dat door relatief weinig meetgegevens de invoerparameters relatief ongevoelig zijn. Hierdoor hebben de parameters ook een groot 95 % betrouwbaarheidsinterval. Dit betekent dat het interval waarbinnen, op basis van de automatische gevoeligheidsanalyse, met 95 % zekerheid gesteld kan worden dat deze parameter hierbinnen valt erg groot is. Er zijn te weinig invoergegevens om een realistisch betrouwbaarheidsinterval te schatten met behulp van automatische methoden.

Omdat de uitgerekende betrouwbaarheidsintervallen van de invoerparameters tussen een onwaarschijnlijk lage waarde en een onwaarschijnlijk hoge waarde inzitten, is ervoor gekozen om de minimum en maximum waarden van de invoerparameters zelf handmatig te schatten. De handmatige ijking en de resultaten van de automatische ijkingsruns (uit paragraaf 5.5), plus ervaring opgedaan uit eerdere studies zijn de handvatten geweest om tot een betrouwbare schatting te komen.

Omdat in deze studie de betrouwbaarheid van de effectberekeningen een belangrijk onderdeel vormt, is bij de betrouwbaarheidsstudie voornamelijk gekeken naar het aandachtsgebied en dan in het bijzonder naar het plangebied binnen de Nieuwe Driemanspolder. Om dezelfde reden is alleen naar de betrouwbaarheid van de deklaagweerstand en de deklaagtransmissiviteit gekeken.

De gekozen schattingen zijn tabel 5.5 weergegeven. In de tekst onder de tabel worden de keuzes toegelicht.

Tabel 5.5 Minimum en maximum waarden transmissiviteit deklaag en deklaagweerstand

Minimum	Normaal	Maximum
<i>Transmissiviteit deklaag</i>		
[0,1-15] = normaal * 0,5	[0,2-30] = normaal	[5-60] = (normaal+2,5)*2
<i>Deklaag weerstand</i>		
Factor 0,5	Factor 1	Factor 2

Transmissiviteit deklaag

De transmissiviteit van de deklaag is een zeer ongevoelige parameter. Schatten van minimum en maximum waarden is alleen mogelijk op basis van expert judgement. Daar waar de deklaag alleen uit klei bestaat (geen zandbanen aanwezig) is de transmissiviteit van de deklaag op 0,2 m²/d geschat, hetgeen betekent dat er praktisch geen horizontale stroming plaatsvindt. De minimum waarde van deze transmissiviteit is op 0,1 m²/d gezet (vergelijkbaar met 0,2 m²/d, immers praktisch geen horizontale stroming). De maximale waarde is wel flink verhoogd. De maximale transmissiviteit is op, de voor kleiachtige gronden hoge waarde van 5 m²/d geschat.

Voor de transmissiviteit (kd-waarde) van de deklaag, waar wel zandbanen aanwezig zijn, is een schatting gemaakt voor de betrouwbaarheid van de doorlatendheid (k-waarde). Aangenomen is dat de dikte van de zandbanen goed bekend is (geen onnauwkeurigheid), aangezien van de deklaag door NITG-TNO een deklaagmodel is gemaakt. Geschat wordt dat de doorlatendheid van de zandbanen in de deklaag minimaal 2,5 m/d en maximaal 10 m/d is. Gegeven de dikte van de zandbanen komt dit neer op een transmissiviteit van minimaal 15 m²/dag en maximaal 60 m²/dag.

Resumé: In de uitgangssituatie (normaal) varieert de transmissiviteit van de deklaag tussen de 0,2 en de 30 m²/d. Minimaal bevindt deze waarde zich tussen de 0,1 en de 15 m²/d en maximaal tussen de 5 en de 60 m²/d.

Deklaag weerstand

Tijdens de ijking bleek dat een grotere deklaagweerstand tot een beter ijkingresultaat van de stijghoogten in het pleistocene pakket leidde. Echter een lagere deklaag weerstand leidde weer tot een kwel waarde die meer overeen komt met geschatte kwel waarden op basis van waterbalansen. Uit de automatische ijking volgde dat een weerstand van 0,3 maal de huidige weerstandswaarde in het model tot een kwel hoeveelheid leidde overeenkomend met de geschatte waarde. Zo'n lage weerstandswaarde leidde echter tot een slecht ijkingresultaat voor de stijghoogten in het pleistocene pakket en is dus onwaarschijnlijk.

In de deklaagmodelstudie van TNO (NITG-TNO, 2003) is geconcludeerd dat boven het Pleistocene pakket het Basisveen slechts zeer lokaal afwezig is (zeer lokaal insnijding van crevasse geultjes). Daar waar het basisveen ontbreekt boven de Pleistocene zanden is echter altijd een kleilaag aanwezig met een dikte van enkele meters. Dit maakt dat de deklaag weerstand binnen de Nieuwe Driemanspolder nergens relatief klein is.

De deklaag weerstand in het aandachtsgebied varieert in het model tussen de 1000 en de 5000 dagen. Dat de deklaagweerstand plaatselijk lager is dan 500 dagen is zeer onwaarschijnlijk. Als minimum waarde voor de deklaag weerstand is dan ook een factor 0,5 aangehouden. Dit betekent dat de deklaag weerstand zich minimaal tussen de 500 en de 2500 dagen bevindt.

Aan de maximum waarde van de deklaagweerstand is minder aandacht besteed. Hoe groter de deklaag weerstand hoe kleiner de effecten van de alternatieven zullen zijn. De maximum deklaagweerstand is daarom niet maatgevend. Als schatting wordt hiervoor 2 maal de huidige weerstandswaarde in het model genomen.

Resultaat betrouwbaarheidsanalyse

In de vorige paragraaf zijn de bandbreedtes voor de belangrijkste invoerparameters vastgesteld. Elke waarde voor deze parameters binnen het vastgestelde interval is even goed. Het gebruik van een bandbreedte in de invoerparameters leidt tot een bandbreedte in de resultaten. De grootte van deze bandbreedte bepaalt de betrouwbaarheid van het model.

Er zijn twee configuraties samengesteld van de parameters uit de vorige paragraaf: één die de onderkant van de bandbreedte voor de stijghoogte in de tussenzandlaag en kwel in de Nieuwe Driemanspolder bepaalt en één die de bovenkant van de bandbreedte voor de stijghoogte in de tussenzandlaag en kwel bepaalt.

In tabel 5.6 zijn de resultaten gepresenteerd van die parameters die voor deze studie het meest van belang zijn: de stijghoogte in de tussenzandlaag en de kwel door de deklaag.

De tabel vertoont achtereenvolgens:

- het maximale verschil tussen de berekende stijghoogte in de tussenzandlaag uit beide eerder genoemde configuraties en de ijkset;
- het verschil van de gemiddelde stijghoogte in de tussenzandlaag in de Nieuwe Driemanspolder uit beide eerder genoemde configuraties en de ijkset
- het maximale verschil tussen de berekende kwel door de deklaag uit beide eerder genoemde configuraties en de ijkset;
- het verschil van de gemiddelde kwel door de deklaag in de Nieuwe Driemanspolder uit beide eerder genoemde configuraties en de ijkset.

Tabel 5.6 Resultaten betrouwbaarheidsanalyse

	Eenheid	Scenario minimaal	Scenario maximaal
Maximaal stijghoogte verschil tussenzandlaag t.o.v. uitgangssituatie	m	0,2	0,3
Gemiddeld stijghoogteverschil tussenzandlaag t.o.v uitgangssituatie	m	-0,02	0,06
maximaal kwelverschil deklaag t.o.v uitgangssituatie	mm/dag	2	-1
gemiddeld kwelverschil deklaag t.o.v uitgangssituatie	mm/dag	0,3	-0,1

Situatie stijghoogte tussenzandlaag

- De maximale verschillen voor de stijghoogte treden op langs de ringvaart en in de zandige delen in de Driemanspolder. Deze verschillen komen op enkele knopen voor.
- Er is een verschil van enkele centimeters tussen de gemiddelde stijghoogte in de ijsituatie en de maximale en minimale berekening. De betrouwbaarheid van het model is 8 cm.

De studie is vooral bedoeld voor het in beeld brengen van effecten om op basis hiervan alternatieven onderling af te wegen. De berekende bandbreedte van de stijghoogte bedraagt 8 cm. Met het doel voor ogen waarmee het model is opgezet levert het model voldoende betrouwbare resultaten.

Situatie kwel

- De grootste kwelverschillen treden eveneens op ter plaatse van de zandige delen: de zandpockets en de geul. In de uitgangssituatie is de kwel hier maximaal 2 mm/dag. In de minimale en maximale berekeningen neemt de kwel hierbij toe tot 4 mm/dag respectievelijk af tot 1 mm/dag.
- De berekende gemiddelde kwel in de uitgangssituatie bedraagt 0,35 mm/dag. Voor de maximale en de minimale berekening komen deze waarden respectievelijk op 0,65 mm/dag en 0,25 mm/dag. De berekende maximale en minimale waarden liggen rond of iets onder de laagste schattingen die in het verleden zijn gebruikt door Rijnland voor het opstellen van de water- en stoffenbalans (0,5 mm/dag). Een kwel van meer dan 0,65 mm/dag wordt niet aannemelijk geacht.

Lokaal kan de kwel sterk afwijken van de berekende waarde in de uitgangssituatie, vooral ter plaatse van de zandige geulen en zandpockets. Dat is echter voor deze studie niet van belang. Van belang is vooral de gemiddelde kwel in het plangebied in verband met de voorgestane verbetering van de waterkwaliteit. De bandbreedte van de gemiddelde kwel bevindt zich rond/onder de laagste schattingen van Rijnland. Op grond hiervan wordt geconcludeerd dat de gemiddelde kwel in het gebied relatief laag is en aansluit bij het, eerder door Rijnland in de stoffenbalans aangehouden minimale kwelscenario (0,5 mm/dag).

6 BESCHRIJVING EN UITWERKING ALTERNATIEVEN

6.1 ALGEMEEN

In dit hoofdstuk worden de vier MER alternatieven (varianten) beschreven en uitgewerkt wat betreft de geohydrologische aspecten. Als eerste wordt in paragraaf 6.2 een beschrijving gegeven van de huidige situatie wat betreft het grondwatersysteem, het oppervlaktewatersysteem en de waterkwaliteit. Hieraan gekoppeld worden de resultaten van de water- en stoffenbalansanalyse besproken. Vervolgens wordt in de paragrafen 6.3 tot en met 6.6 ingegaan op de alternatieven. Per alternatief wordt eerst een beschrijving gegeven van de (geo)hydrologische aspecten (voor een meer algemene beschrijving wordt verwezen naar het MER-hoofdrapport). Vervolgens wordt ingegaan op de effecten ten gevolge van seizoensberging en piekberging. Hierbij worden steeds eerst de primaire effecten beschreven, te weten de veranderingen in freatische grondwaterstand, stijghoogte eerste watervoerend pakket en kwel. Vervolgens worden de secundaire (afgeleide) effecten besproken, te weten wateroverlast, gevaar voor opbarsten en waterkwaliteit. Op grond hiervan worden per alternatief conclusies getrokken. De geohydrologische/technische aspecten die samenhangen met het ontwerp van de nieuwe kaden en de effecten op bestaande kaden komen aan bod in de rapportage van het geotechnisch onderzoek (Herinrichting Nieuwe Driemanspolder, Geotechnisch onderzoek kaden, Royal Haskoning, juli 2005).

6.2 Huidige situatie

6.2.1 Het grondwatersysteem

Het grondwatermodel dat wordt gebruikt voor het geohydrologisch onderzoek is gekalibreerd op de periode 1990 –1997. Voor de opbouw en kalibratie van dit model wordt verwezen naar de beschrijving hiervan in voorgaande hoofdstukken. Alvorens alternatieven zijn doorgerekend is de huidige situatie (2004) in beeld gebracht. De belangrijkste wijziging die is doorgevoerd betreft de invoer van bebouwd gebied in het model op diverse plaatsen rondom het plangebied. Bepalend voor het model is de wijk Leidschenveen die direct grenst aan het plangebied. Hier is rekening gehouden met bebouwd gebied (relatie met grondwateraanvulling) en met het gewijzigde polderpeil. De wijzigingen zijn doorgevoerd in samenspraak met het projectbureau Leidschenveen en het Hoogheemraadschap van Delfland. Op grond hiervan is de huidige situatie met betrekking tot het grondwatersysteem in beeld gebracht.

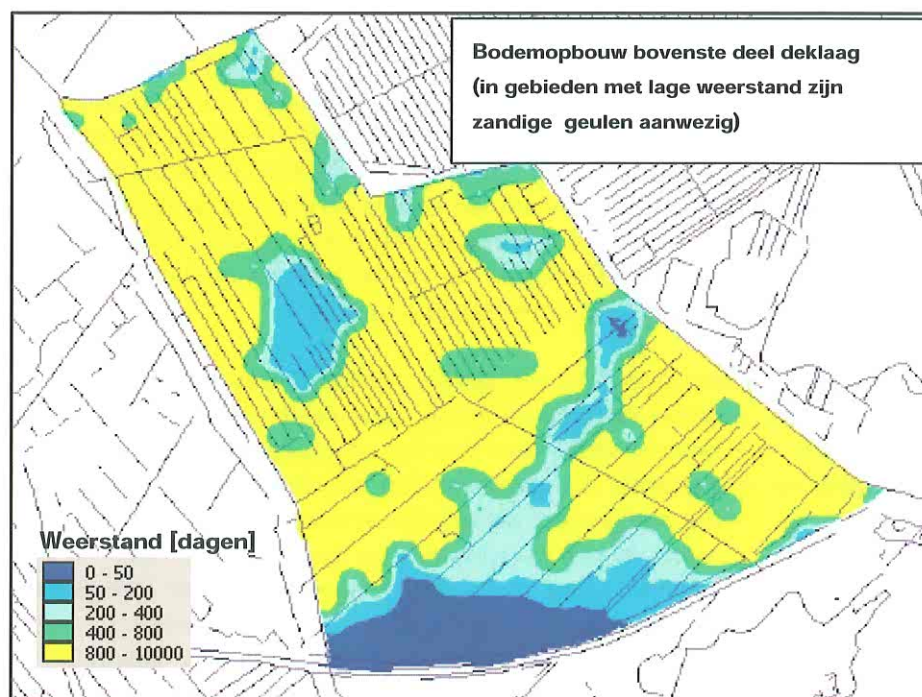
Afbeelding 2.1 geeft een overzicht van de berekende freatische grondwaterstanden in de huidige situatie, voor het plangebied en de wijde omgeving. Het eerste wat opvalt is de overgang van het peilbeheerste deel van het studiegebied naar de hoger gelegen, vrijafwaterende en infiltrerende duingebieden ten noordwesten van het plangebied. De grondwaterstanden in het plangebied, als resultante van de gehandhaafde peilen, liggen tussen circa NAP –5 meter in het noordwestelijke deel tot circa NAP –6 meter in het uiterste zuiden. In de duinen wordt geen peil gehandhaafd (met uitzondering van de infiltratiegebieden ten behoeve van de drinkwaterwinning) en worden grondwaterstanden waargenomen tot ruim boven NAP. Verder vallen de bebouwde gebieden op van onder meer Leidschenveen en Zoetermeer. Langs de zuidzijde van het plangebied is de zandige geul binnen de Holocene deklaag herkenbaar vanwege de drainerende werking.

De ligging van deze – en andere zandige geulen – in het plangebied is door NITG-TNO in beeld gebracht en gebruikt als basis voor de schematisatie van de deklaag van het model. Afbeelding 6.2 geeft de ruimtelijke ligging van deze zandige geulen weer.

Afbeelding 6.1 Freatische grondwaterstand ten opzichte van NAP in de huidige situatie

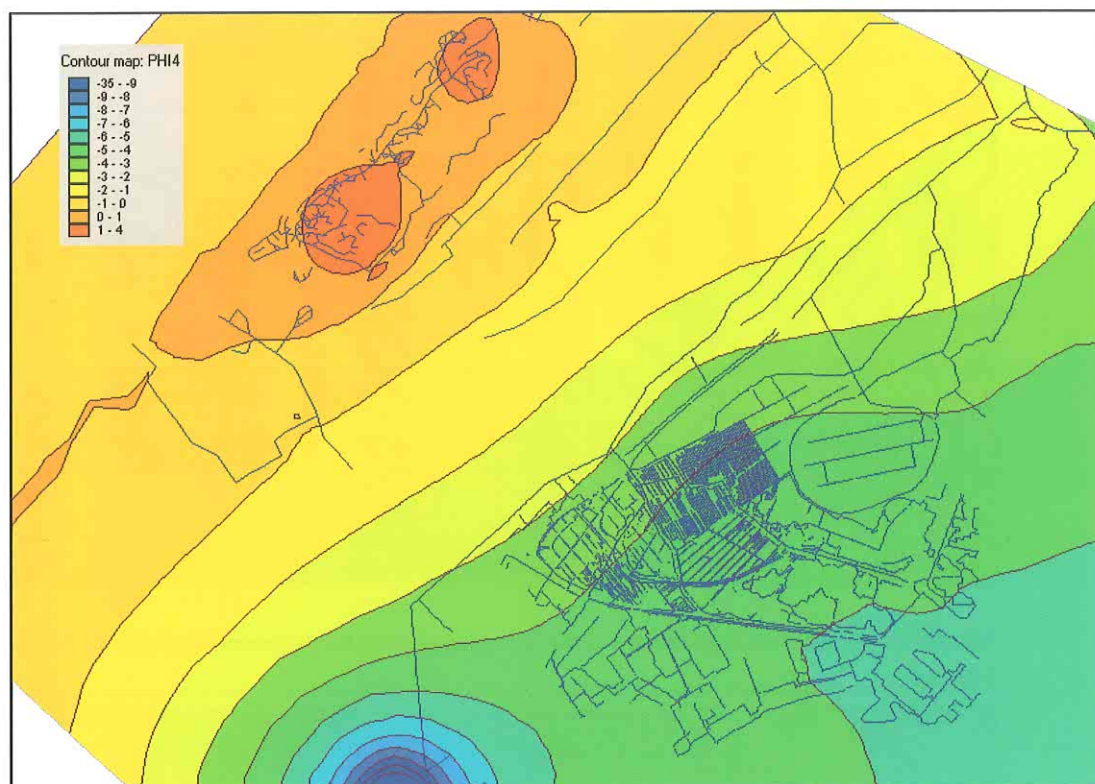


Afbeelding 6.2 Ligging zandige geulen binnen Holocene deklaag



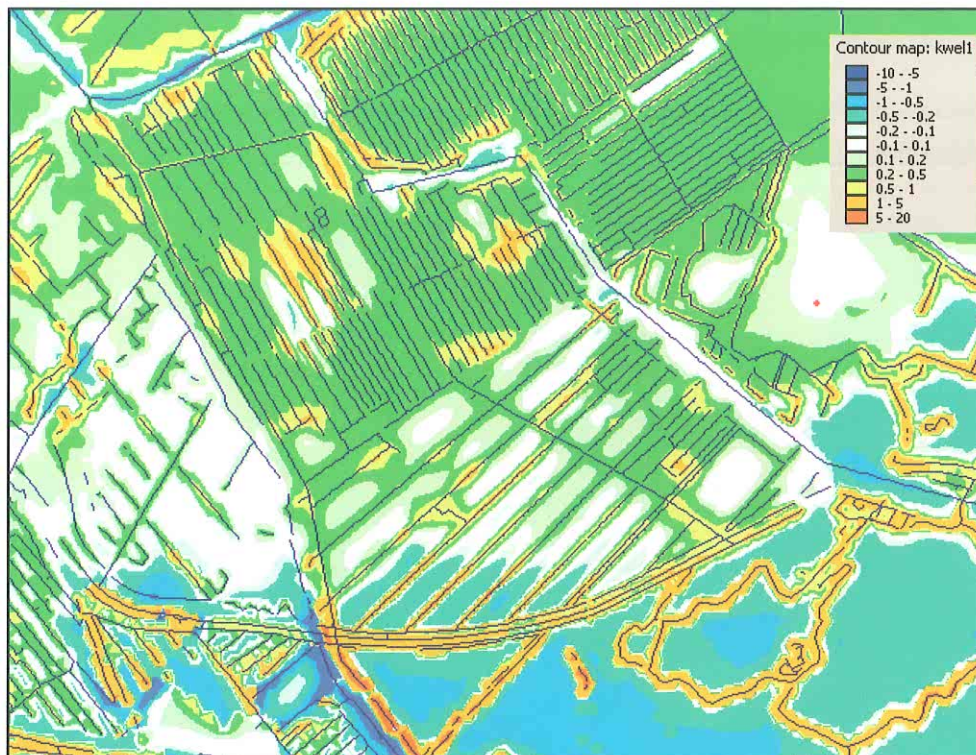
Op basis van de freatische grondwaterstanden uit afbeelding 6.1, en doorlaatvermogens en hydraulische weerstanden in de ondergrond treedt er een grondwaterstroming op vanuit de duinen richting de Nieuwe Driemanspolder. Deze diepe grondwaterstroming, via het eerste watervoerend pakket is weergegeven in afbeelding 6.3.

Afbeelding 6. 3 Stijghoogte grondwater eerste watervoerend pakket ten opzichte van NAP in de huidige situatie

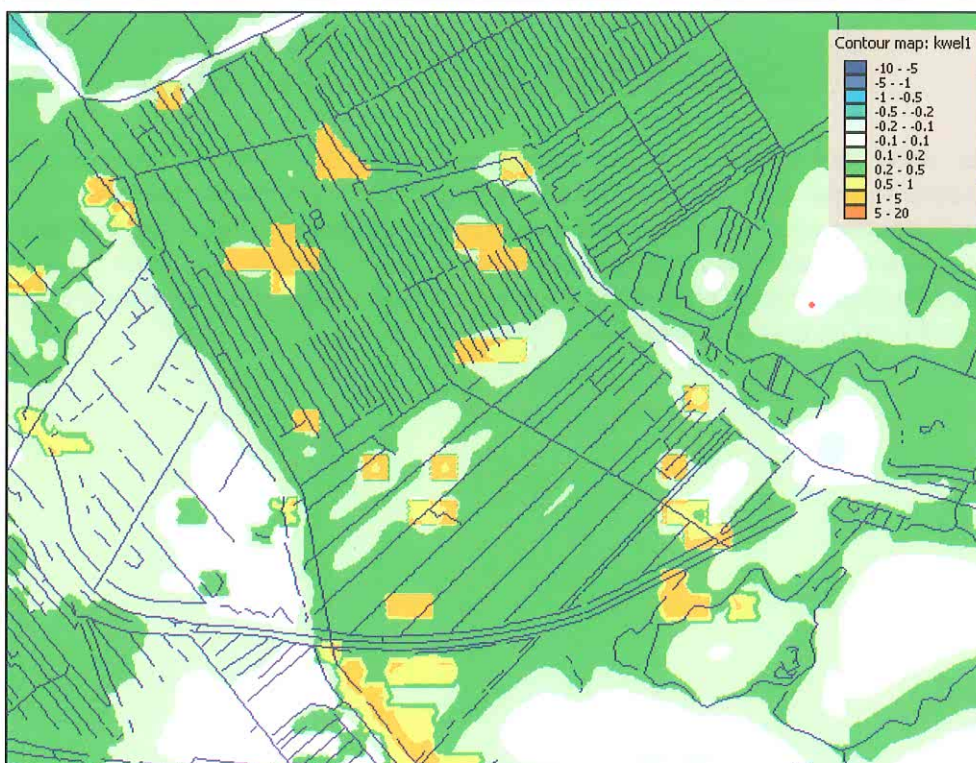


Het water dat infiltreert in het duingebied komt dan ook als kwel in de Nieuwe Driemanspolder naar boven. De afbeelding 6.4 en 6.5 geven een overzicht van de kwelverdeling voor het plangebied en de directe omgeving. Afbeelding 6.4 geeft de kwel weer vanuit de tussenzandlagen (voor zover aanwezig) naar maaiveld (de afwateringsmiddelen). Afbeelding 6.5 geeft de kwel weer vanuit het eerste watervoerend pakket naar de tussenzandlagen.

Afbeelding 6.4 Kwel en infiltratie in de huidige situatie door het bovenste deel van de Holocene deklaag



Afbeelding 6.5 Kwel en infiltratie in de huidige situatie door het onderste deel van de Holocene deklaag



De afbeeldingen 6.4 en 6.5 geven een goed beeld van de werking van het grondwatersysteem in het plangebied. Onderstaand wordt dit toegelicht:

Afbeelding 6.5

In het *gehele* plangebied is sprake van kwel vanuit het watervoerend pakket door het onderste deel van de holocene deklaag richting tussenzandlaag (afbeelding 6.5). Deze kwel ligt voor de meeste delen tussen de 0,2 en 0,5 mm/dag. In het zuidwestelijke deel van het plangebied is de kwel iets lager dan in het noordelijke deel van het plangebied. Zeer lokaal is sprake van hogere kwelintensiteiten. Dit betreft die plaatsen waar, door insnijdingen vanwege crevasse-afzettingen het basisveen afwezig is. Dit is zeer lokaal het geval. NITG-TNO geeft in het geologische onderzoek aan dat het niet zinvol is de verbreiding van deze afzettingen verder te onderzoeken. Dit wordt mede ingegeven door het feit dat, in die gevallen waarbij basisveen afwezig bleek te zijn, er altijd sprake was van een bovenliggende kleilaag met een redelijke dikte. Deze kleilaag waarborgt in ieder geval een minimale hoeveelheid weerstand.

Bij de opbouw van het grondwatermodel is gebruik gemaakt van de, door NITG-TNO aangeleverde discretisatie van de Holocene deklaag (raster van 25 x 25 meter, met laagdikten van 0,25 meter). Deze discretisatie geeft een overschatting van de 'gaten' in het basisveen. De werkelijke omvang van deze 'gaten' is dus kleiner, en daarmee ook de invloed van de gebieden met 'intensieve' kwel.

Afbeelding 6.4

De kwel vanuit het watervoerend pakket naar de tussenzandlaag zet door via het bovenste deel van de holocene deklaag naar het maaiveld (de afwateringssloten, zie afbeelding 6.4). Ook hier is meestal sprake van kwel. Lokaal komt echter ook infiltratie voor, vooral aan de zuidzijde van het plangebied en op een aantal plaatsen in het plangebied. Deze infiltratie hangt onder meer samen met de aanwezige tussenzandlagen. De geul aan de zuidzijde reikt bijna tot aan maaiveld. De sloten snijden in tot in deze zandige laag. Neerslagwater ter plaatse infiltreert via deze zandige lagen en wordt vervolgens weer afgevangen (kwelt op) via de aanwezige sloten. Ook op andere plaatsen speelt dit, echter in mindere mate (de overige geulen liggen veelal iets dieper onder maaiveld). Ook is in afbeelding 6.4 goed het effect te zien van een grotere slootafstand op de drainage/infiltratie. Op het zuidelijke deel van het plangebied, met grotere slootafstanden, komt lokale infiltratie vaker voor dan in het noordelijke deel.

6.2.2 Het oppervlaktewatersysteem

De algemene werking van het oppervlaktewatersysteem is al beschreven als onderdeel van hoofdstuk 2 (paragraaf 2.3).

6.2.3 Waterkwaliteit

Naast de kwantitatieve wateraspecten in het plangebied is ook de waterkwaliteit van belang. Dit heeft te maken met de toekomstige functies van het gebied met als belangrijkste natuurontwikkeling en waterberging.

De kwaliteit van het oppervlaktewater is een resultante van de verschillende fysisch-chemische processen die zich in en tussen de compartimenten bodem, grond- en oppervlaktewater afspelen. Parameters die hierbij (ondermeer) van belang zijn, zijn de concentraties Fe, N, P, Ca, Na, K, CO₃, SO₄, O₂. Daarnaast is de herkomst van het water van belang: grondwater (kwel), inlaatwater dan wel regenwater. Door Rijnland is in het verleden een water- en stoffenbalans opgesteld voor het plangebied (Rijnland, 2002). Hierbij is enerzijds de huidige situatie geëvalueerd en zijn anderzijds diverse alternatieven voor gewijzigd peilbeheer doorgerekend. Gekeken is naar de effecten op chloride (Cl) als maat voor de verzilting en stikstof (N) en fosfor (P) als maat voor de eutrofiëring. Als onderdeel van voorliggend geohydrologisch onderzoek is deze waterbalansstudie nader uitgewerkt en gebruikt om de effecten van maatregelen van de verschillende alternatieven op de waterkwaliteit in te schatten. In paragraaf 6.2.4 wordt hier uitgebreid op ingegaan). Onderstaand is een beschrijving gegeven van de huidige kenmerkende waterkwaliteit, gebaseerd op de gegevens van Rijnland, de startnotitie m.e.r. Nieuwe Driemanspolder en recente informatie uit metingen.

Kenmerken

Het oppervlaktewater in de Nieuwe Driemanspolder kenmerkt zich als zoet en eutroof. Het chloridegehalte varieert tussen (ordegrootte) 100 en 300 mg/l. Voor stikstof en fosfor is de variatie respectievelijk 2 tot 11 mg/l en 0,1 tot 1,2 mg/l. De concentraties stikstof en fosfor liggen ruim boven de MTR-waarden van respectievelijk 2,2 en 0,15 mg/l.

In de huidige situatie wordt regelmatig water vanuit de boezem ingelaten in de Nieuwe Driemanspolder. Inlaat vindt vooral plaats in de zomerperiode (april –september). In perioden van (neerslag)overschot wordt water uitgeslagen op de boezem. Op grond van metingen (periode 1997 – 2000) is in tabel 6.1 de huidige kwaliteit van inlaatwater (boezem) en uitlaatwater (polder) weergegeven. Voor stikstof is het inlaatwater in de zomer van een betere kwaliteit dan het uitlaatwater in de winter. Voor chloride geldt het tegenovergestelde; het inlaatwater heeft een slechtere kwaliteit dan het uitlaatwater. Voor fosfor zijn in- en uitlaatgegevens vergelijkbaar. Doorspoeling van de Nieuwe Driemanspolder met boezemwater belast het polderwater dus met chloride, maar zorgt voor kwaliteitsverbetering wat betreft stikstof (en in mindere mate fosfor).

Tabel 6.1 Huidige kwaliteit inlaat- en uitlaatwater

	Cl (mg/l)	N (mg/l)	P (mg/l)		Cl (mg/l)	N (mg/l)	P (mg/l)
<i>Inlaat</i>				<i>Uitlaat</i>			
gem. zomer	194	2,51	0,29	gem. zomer	169	3,82	0,41
gem. winter	277	5,20	0,20	gem. winter	214	7,47	0,21
gem. jaar	236	3,85	0,25	gem. jaar	191	5,64	0,31

Zoet water in de diepe ondergrond wordt langzaam aan verdrongen door zout water. Momenteel is het water in de ondergrond van de Nieuwe Driemanspolder nog zoet. De grens tussen zoet en brak water in de Nieuwe Driemanspolder ligt naar verwachting in het eerste watervoerend pakket (rond circa NAP -25 meter). De overgang van brak naar zout bevindt zich op een diepte van circa NAP -50 meter (IWACO, 1993) op de overgang van eerste naar tweede watervoerend pakket.

In de waterbalansstudie van Rijnland is voor het vaststellen van de waterkwaliteit in het eerste watervoerend pakket gebruik gemaakt van twee meetpunten van het provinciale meetnet, te weten in Leidschendam en Zoetermeer. Tussen deze twee meetpunten zitten aanzienlijke kwaliteitsverschillen. Het grondwater ter hoogte van Leidschendam bevat met name lagere chloride- en stikstofgehalten dan het grondwater ter hoogte van het meetpunt Zoetermeer. In het kader van het geohydrologisch onderzoek is aanvullende meetinformatie verzameld ter hoogte van het Westerpark, ten zuidwesten van het plangebied (IWACO, 1995 – 1999). Verder zijn in opdracht van Rijnland eind 2004 twee peilbuizen net ten noorden en ten zuiden van het plangebied bemonsterd en geanalyseerd (B30H0126 en B30G0838). De verschillende meetresultaten zijn weergegeven in tabel 6.2. Op grond van de metingen is voor de verdere beschouwing uitgegaan (het gemiddelde) van de gemeten waarden in de meetpunten B30H0126 en B30G0838.

Tabel 6.2 Waterkwaliteit eerste watervoerend pakket ter hoogte van plangebied (concentraties in mg/l)

Parameter	Leidschendam ¹	Zoetermeer ¹	Westerpark ²	B30H0126 ³ (zuid) Pijnacker/Balije	B30G0838 ³ (noord) Molenvaart
NH ₄ + NO ₃ (N)	9,2 – 11,7	16,6 – 31,7	-	9	15
P-totaal	1,9 – 2,4	2,3 – 3,6	1,6 – 2,0 – 3,2 – 4,1	1,8	3,2
Cl	28 – 31	46 – 210	24 – 37 – 68 – 250	39	56

¹ Meetpunten provinciaal meetnet, gemiddelde periode 1982 – 1987 op verschillende diepten in het eerste watervoerend pakket (tussen NAP -15 en -30 meter)

² Vier meetpunten beschikbaar, gemiddelde van jaarlijkse metingen in de periode 1995 - 1999

³ Eenmalige meting, december 2004

Vergelijking van de inlaat-/uitlaatgegevens uit tabel 6.1 met de grondwaterkwaliteitsgegevens uit tabel 6.2 laat zien dat door de kwel vanuit het watervoerend pakket de kwaliteit van het oppervlaktewater met name negatief beïnvloed wordt wat betreft stikstof en fosfor. Voor chloride geldt juist dat de kwel de huidige oppervlakte-waterkwaliteit positief beïnvloed.

6.2.4 Water- en stoffenbalans ten behoeve van beoordeling alternatieven

Algemeen

De door het Hoogheemraadschap van Rijnland uitgevoerde water- en stoffenbalansanalyse betrof een analyse van de huidige situatie en inschatting van effecten bij gewijzigd peilbeheer. Hierbij is wat betreft de inrichting van het gebied uitgegaan van één alternatief, met daarbij twee verschillende seizoensbergingspeilen. Bij de verdere uitwerking van de m.e.r. alternatieven is zoveel mogelijk aangesloten bij de uitgangspunten van deze balansstudie van Rijnland. Daarnaast is gebruik gemaakt van de resultaten van het grondwatermodel en recente meetgegevens rond de Nieuwe Driemanspolder.

Doelstelling van de water- en stoffenbalans

De water- en stoffenbalans is opgesteld om de toekomstige waterkwaliteit te berekenen voor een aantal inrichtingsalternatieven. Hierbij is alleen gekeken naar de effecten bij seizoensberging. De kwaliteit van het oppervlaktewater is berekend voor de parameters chloride, fosfor, stikstof.

Aanpak

In de vorm van een spreadsheet is een waterbalans opgesteld voor de waterbergingslocatie Nieuwe Driemanspolder. Het plangebied is beschouwd als één systeem waarbinnen een water- en stoffenbalans is opgesteld voor het compartiment oppervlaktewater en het compartiment bodem/grondwater. Tussen deze twee compartimenten vindt uitwisseling plaats via drainage/infiltratie naar/vanuit oppervlaktewater. Per decade wordt de gemiddelde grondwaterstand en oppervlaktewaterstand berekend op grond van de termen neerslag, verdamping, kwel vanuit het watervoerend pakket en uitlaat. Voor verdamping is rekening gehouden met een verschil tussen verdamping voor grasland en open water. Er is geen rekening gehouden met inlaat, aangezien in de toekomstige situatie het systeem zelfvoorzienend wordt.

Het waterkwaliteitsmodel is opgesteld door de debieten van de waterbalans te koppelen aan concentraties waarbij rekening is gehouden met de verschillende processen die spelen in bodem/grondwater en oppervlaktewater. Deze processen zijn al beschreven en verwerkt in de, door Rijnland, uitgevoerde balansstudie voor de Nieuwe Driemanspolder (Rijnland, 2002). De aannamen die hierbij zijn gedaan en ook zijn gebruikt voor deze studie, zijn onderstaand beschreven.

Het waterkwaliteitsmodel is opgesteld voor chloride, stikstof en fosfaat en sluit hiermee aan bij de parameters die zijn beschouwd door Rijnland. Chloride is een maat voor de saliniteit van het water. Stikstof en fosfaat geven inzicht in de voedselrijkdom.

Per alternatief wordt naast het totale oppervlak de verdeling % land-water, de gemiddelde maaiveldligging voor de landdelen en de gemiddelde diepte van het open water na herinrichting opgegeven. De neerslag- en verdampingscijfers zijn ontleend aan metingen, de kwelterm volgt uit het gecalibreerde model. De berekende kwel is representatief voor de situatie in het vroege voorjaar (maximaal seizoensbergingspeil). Doordat het peil in de loop van de zomer uitzakt, verandert ook de kwel. Deze kwelafhankelijkheid is ingebracht in de spreadsheet.

Uitgangspunten

Onderstaand is een overzicht gegeven van de gehanteerde uitgangspunten.

Processen in bodem en grondwater

Voor de verschillende parameters is rekening gehouden met de volgende processen:

Chloride:	Nalevering
Fosfor:	Nalevering, fosfaatbinding en sedimentatie
Stikstof:	Nalevering, sedimentatie en denitrificatie

Onderstaand worden de genoemde processen kort toegelicht en zijn de uitgangspunten beschreven (ontleend aan Balansstudie Rijnland, 2002).

Nalevering vindt plaats door aanwezige meststoffen in de *bodem* ten gevolge van de landbouw. Aangenomen is dat bij herinrichting in die gebieden waar seizoensberging plaatsvindt de bouwvoor wordt verwijderd en de mestgift drastisch wordt teruggeschroefd. Voor de toekomstige situatie is uitgegaan van een nalevering van de bodem van 10 kg Cl ha⁻¹ jr⁻¹, 3 kg N ha⁻¹ jr⁻¹ en 0,5 kg P ha⁻¹ jr⁻¹.

Sedimentatie is een verliespost op de balans van nutriënten uit het *oppervlaktewater*. Deze bestaat uit het (netto) wegzakken naar de bodem van, in de waterkolom gevormd, organisch materiaal. De snelheid hiervan hangt af van de strijklengte en diepte ter plaatse. Uit diverse studies is gebleken dat door sedimentatie een aanzienlijk deel van de nutriënten aan het oppervlaktewater kan worden onttrokken. In de balansstudie van Rijnland is uitgegaan van een dagelijkse sedimentatie van 0,1% van de totale stikstof- en fosforberging in het oppervlaktewater.

Fosfaatbinding treedt op indien anaeroob kwelwater uittreedt. Het ijzer zal bij contact met zuurstof neerslaan als ijzeroxide. Bij de vorming van ijzeroxide wordt fosfaat gebonden. De hoeveelheid fosfaat die wordt gebonden is afhankelijk van een aantal factoren, waaronder de molaire verhouding tussen ijzer en fosfaat, de opname van carbonaat en de pH. Voor deze studie is aangenomen dat 75% van het fosfor dat via kwel het systeem binnenkomt wordt gebonden voor het uittreedt naar oppervlaktewater.

Denitrificatie treedt zowel op in de *bodem* als in het *oppervlaktewater*. Denitrificatie is sterk afhankelijk van de temperatuur. In de winter treedt nauwelijks denitrificatie op, in de zomermaanden treedt de meeste denitrificatie op. In de balansstudie is uitgegaan van 10% denitrificatie in de winter en 30% denitrificatie in de zomer (jaargemiddeld 20%).

Neerslag en verdamping

Voor neerslag en verdamping is voor deze balansstudie uitgegaan van dezelfde metingen als waarvan is uitgegaan bij de waterbalans van Rijnland: de neerslaggegevens van station Leiden en de verdampingsgegevens van station Schiphol. Als verdampingsfactoren zijn aangehouden 1 (voor land) en 1,25 (voor water).

Voor de stoffenbalans is rekening gehouden met de volgende neerslagsamenstelling (Rijnland 2002, gebaseerd op gegevens RIVM en KNMI): 7,5 mg Cl/l, 2 mg N/l en 0,08 mg P/l.

Kwel

Voor kwel is uitgegaan van de berekende waarde die volgt uit het grondwatermodel. Per alternatief is de gemiddelde kwel berekend voor het oppervlak waarbinnen seizoensberging plaatsvindt. Met het grondwatermodel zijn stationaire berekeningen uitgevoerd. De berekende kwel is bepaald op basis van het maximale seizoensbergingspeil (peil in het vroege voorjaar). In de loop van de zomer zakt de (grond)waterstand weg, waardoor de kwel nog iets toeneemt. Deze seizoensvariatie is ingebracht door de kwel afhankelijk te maken van het verschil tussen freatische (grond)waterstand en stijghoogte in het watervoerende pakket. De stijghoogte in het watervoerende pakket is constant verondersteld, waarbij per alternatief de berekende, gemiddelde waarde uit het model is aangehouden. Het maximale, freatische peil is het gekozen seizoensbergingspeil. Per decadestap wordt het verschil tussen freatisch peil en stijghoogte in het watervoerende pakket bepaald. Op grond hiervan wordt de omvang van de kwelterm per decadestap aangepast.

Voor de stoffenbalans is wat betreft de kwel uitgegaan van recente metingen in twee waarnemingsfilters rond de Nieuwe Driemanspolder (zie paragraaf 6.2.3). Er is gerekend met de volgende (constante) concentraties: 50 mg Cl/l, 12 mg N/l en 2,5 mg P/l.

Relatie tussen grond- en oppervlaktewater

De relatie tussen grond- en oppervlaktewater is op twee manieren verwerkt.

- surface-runoff: in het voorjaar kan de grondwaterstand op/aan maaiveld komen. In dit geval is bepaald dat dit volume grondwater rechtstreeks ten goede komt aan het oppervlaktewater, waarbij als concentratie wordt aangehouden de gemiddelde grondwaterkwaliteit van de voorgaande stap;
- drainage-/infiltratie: per stap is bepaald hoe de berekende grondwaterstand en oppervlaktewaterstand zich tot elkaar verhouden. Op basis van het berekende peilverschil en een aangenomen drainage- of infiltrati weerstand wordt per stap een flux berekend van of naar oppervlaktewater. De bijbehorende kwaliteit van dit water is het berekende gemiddelde gehalte van oppervlaktewater dan wel grondwater van de voorgaande stap.

Uitlaat

De uitlaatterm wordt per decadestap berekend als resultante van de verschillen tussen neerslag, verdamping en kwel. Uitlaat vindt plaats als de berekende waterstand per decade hoger wordt dan het maximale seizoensbergingspeil. In de droge periode wordt geen water meer ingelaten, dus is er geen ondergrens vastgesteld voor het te berekenen waterpeil. De hoeveelheid te bergen water per rekenstap wordt bepaald door de hoeveelheid neerslag-verdamping en kwel die in het systeem komt. Voor het bepalen van de hoeveelheid berging in het systeem is rekening gehouden met de verdeling land-water, gemiddelde waterdiepte en de bergingscoëfficiënten voor land en water. De percentages land-water en gemiddelde waterdiepte variëren per alternatief, de bergingscoëfficiënten zijn vaste waarden. Voor water is gerekend met een bergingscoëfficiënt van 1, voor bodem met een bergingscoëfficiënt van 0,15.

In tabel 6.3 zijn de uitgangspunten voor de verschillende berekeningen weergegeven.

Tabel 6.3 Uitgangspunten oppervlakte, verdeling land-water en waterdiepte inrichtingsalternatieven

Alternatief	Oppervlak gebied*	Percentage land (%)	Percentage water (%)	Uitslagpeil (m NAP)	Gemiddelde waterdiepte**	Gemiddelde drooglegging
1	110	10	90	+4,8	2,0	0,3
2	160	75	20	+4,8	1,25	0,3
3a	210	50	50	+4,8	1,25	0,3
3b	200	35	65	+4,25	1,5	0,3

* met seizoensberging (ha)

** Voorjaar (m – uitslagpeil)

De concentratie van het water dat wordt uitgelaten is het berekende, gemiddelde gehalte in het oppervlaktewater, rekening houdend met de hiervoor genoemde uitgangskoncentraties voor kwel en neerslag en de beschreven processen in bodem en water.

Resultaten

De resultaten van de verschillende water- en stoffenbalansberekeningen worden besproken bij de uitwerking van de alternatieven in de paragrafen 6.3 tot en met 6.6.

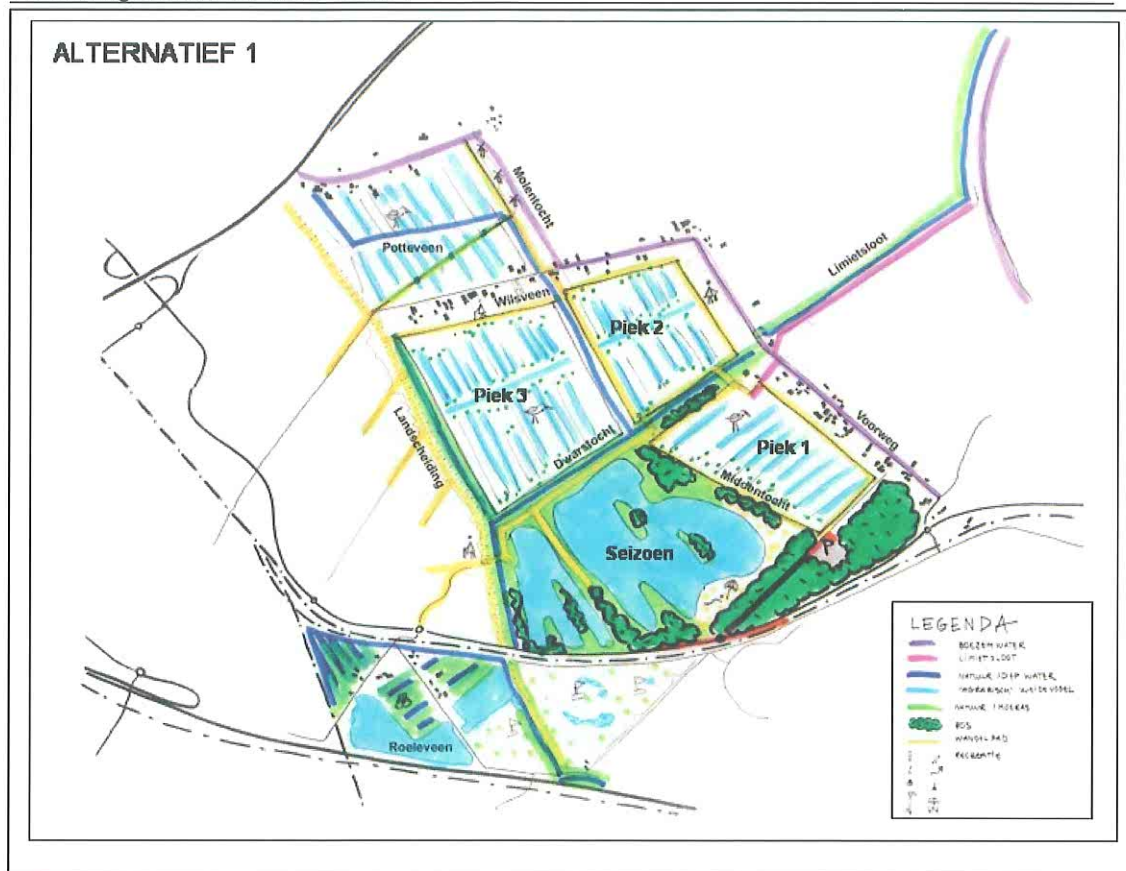
6.3 Alternatief 1: scheiding van natuur en wateropgave

6.3.1 Beschrijving alternatief

In afbeelding 6.6 is een overzicht gegeven van alternatief 1. De hydrologische kenmerken van dit alternatief zijn:

- gescheiden piek- en seizoensberging;
- seizoensberging in zuidwestelijk gelegen (recreatie)plas:
 - * oppervlak plas + aangrenzende landdelen: 110 hectare;
 - * verdeling land/water circa 10/90% ;
 - * variabel peil tussen NAP -4,8 en NAP -5,3 meter (inclusief Roeleveen);
 - * diepste delen plas tot circa NAP -7,5 meter;
- piekberging in drie compartimenten:
 - * oppervlak compartiment 1, 2 en 3 respectievelijk 41, 34 en 67 hectare;
 - * omtrek compartimenten 1, 2 en 3 respectievelijk 2,8 2,5 en 3.3 km;
 - * huidige, gemiddelde maaiveldhoogte in bergingsgebied: NAP -4,85 tot NAP -4,9 meter;
 - * maximale piekberging: 2 miljoen m³;
 - * maximum peil piekberging: NAP -3,45 meter;
 - * volgorde vullen piekbergingscompartimenten: compartiment 1 (tot NAP -3,45 meter), compartiment 2 (tot NAP -3,45 meter) en compartiment 3 (tot NAP -3,60 meter);
 - * peil in piekbergingsgebieden tijdens seizoensberging: huidige vaste peil, te weten NAP -5,60 meter voor compartiment 1 en NAP -5,8 meter voor compartiment 2 en 3.

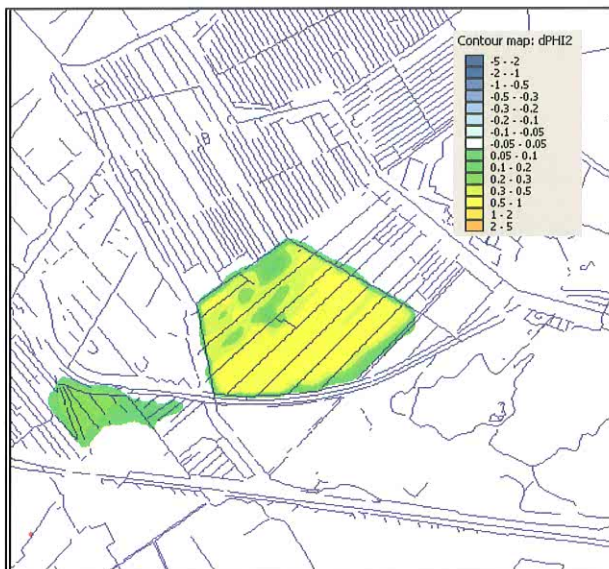
Afbeelding 6.6 Overzicht alternatief 1



6.3.2 Beschrijving effecten seizoensberging

De effecten ten gevolge van seizoensberging zijn bepaald op basis van de situatie in het voorjaar bij een maximaal seizoensbergingspeil. Onderstaand worden als eerste de relevante primaire effecten besproken, te weten verandering grondwaterstand deklaag, stijghoogte eerste watervoerend pakket en kwel/infiltratie en vervolgens de secundaire effecten betreffende wateroverlast, gevaar voor opbarsten en waterkwaliteit. De effecten op grondwaterstanden en stijghoogten worden gepresenteerd als veranderingen (in meter) ten opzichte van de autonome situatie. De effecten op kwel/infiltratie als absolute kwel/infiltratieflux (mm/dag) die ontstaat ten gevolge van de gewijzigde situatie.

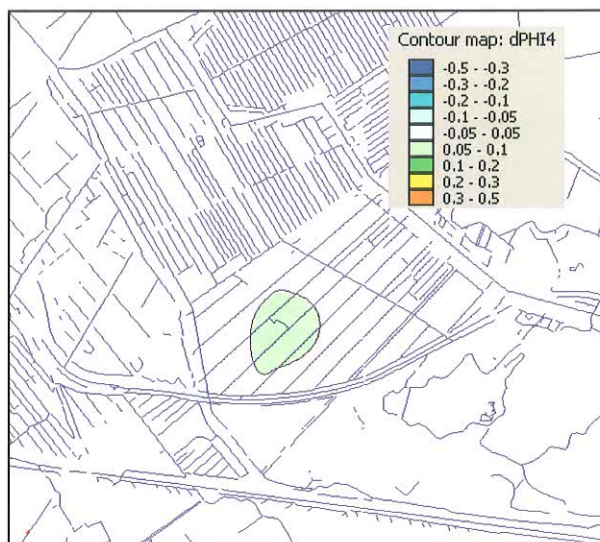
Verandering grondwaterstand deklaag



Toelichting:

De freatische grondwaterstand in het seizoensbergingsgebied neemt toe met 0,5 à 1,0 meter en in Roeleveen met maximaal 0,3 meter. De effecten buiten het seizoensbergingsgebied zijn minimaal. De 5 cm verhogingscontour reikt slechts tot enkele meters buiten het gebied met seizoensberging.

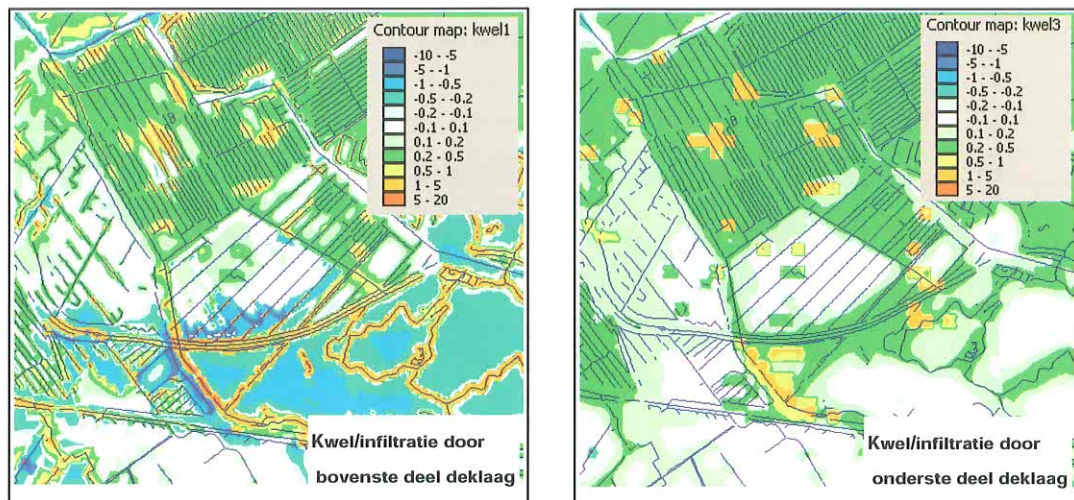
Verandering stijghoogte eerste watervoerend pakket



Toelichting:

De stijghoogteverandering in het eerste watervoerend pakket is minimaal. Onder het centrale deel van het seizoensbergings-gebied is sprake van een verhoging van iets meer dan 5 cm. Hierbuiten is de verlaging minder dan 5 cm.

Kwel/infiltratie



Toelichting:

De linker afbeelding geeft de kwel/infiltratie weer door het bovenste deel van de deklaag, de rechter afbeelding door het onderste deel van de deklaag (mm/dag).

In de gebieden rondom de seizoensbergingsplas verandert de kwel (vrijwel) niet. In het gebied met seizoensberging treden, naast de opzet van het peil, de volgende wijzigingen op:

- een deel van de deklaag is verwijderd waardoor de hydraulische weerstand in het bovenste deel van de deklaag (voor zover aanwezig) aanzienlijk is gereduceerd.
- de bestaande sloten zijn verwijderd (staan nog wel in de figuur, maar draineren niet meer).

Wat betreft de kwel door het bovenste deel van de deklaag resulteert dit in een afname van de kwel in het noordelijke deel van het seizoensbergingsgebied en een herverdeling van de infiltratie op de landdelen aan de zuidzijde van het seizoensbergingsgebied. De kwel vanuit het watervoerend pakket neemt eveneens af en komt lokaal rond het omslagpunt van kwel naar infiltratie te liggen. Dit is echter de situatie in het voorjaar. In de loop van het seizoen zal de freatische waterstand lager komen te staan, waardoor de kwel iets zal toenemen.

In de autonome situatie is voor het seizoensbergingsgebied een netto kwel van 0,26 mm/dag berekend. Na uitvoering van de maatregelen wordt in dit gebied een netto infiltratie van 0,05 mm/dag berekend.

Wateroverlast

Wateroverlast wordt niet verwacht, aangezien de effecten (grondwaterstandsveranderingen > 5 cm) buiten het gebied met seizoensberging zeer beperkt zijn en er in dit gebied geen bebouwing aanwezig is.

Gevaar voor opbarsten

De wijze waarop het risico voor het opbarsten van de bodem is berekend is toegelicht in navolgend kader. Voor deze berekeningen is gebruik gemaakt van het 'maximale effect scenario'. Bij dit scenario zijn de parameters van de deklaag (transmissiviteit en hydraulische weerstand deklaag) zo gekozen (binnen de realistische bandbreedten) dat de stijghoogteverandering door peilopzet in de tussenzandlagen en het watervoerende pakket maximaal is. Hiermee wordt een worst-case benadering gevolgd. In hoofdstuk 5.8 (Betrouwbaarheid model) is dit nader uitgewerkt.

Voor de situatie met seizoensberging is er geen risico voor opbarsten.

Kader: Opbarsten of niet?

Wanneer de grond opbarst is het evenwicht tussen de opwaartse en de neerwaartse druk verstoort. In kwelgebieden wordt de opwaartse druk gevormd door de kweldruk in het pleistocene zand onder het basisveen. Deze kweldruk (eventueel vermeerderd met een veiligheidsfactor) moet in evenwicht zijn met de druk geleverd door het gewicht van de bovenliggende veen- en kleipakketten. Wordt dit verticale evenwicht in formulevorm weergegeven dan staat er het volgende:

Veiligheidsfactor 'v' = neerwaartse druk 'Pn' / opwaartse druk 'Po'

- neerwaartse druk 'Pn' = dikte van de bovenliggende grondlagen 'd' [m] * gemiddeld volumiek gewicht van de grond inclusief porienwater (natte grond) ' γ_g ' [kN/m³]
- opwaartse druk 'Po' = stijghoogte van het grondwater in het onderliggende watervoerend pakket ten opzichte van de onderzijde van de slecht doorlatende laag 'h' * volumiek gewicht van water γ_w [9,8 kN/m³]

Volgens de normen dient er een veiligheidsfactor van minimaal 1,1 aangehouden te worden. In de kaartjes waarop opbarst risico's voor een aantal situaties is weergegeven wordt onderscheid gemaakt in drie categorieën veiligheid: kleiner dan 1, tussen 1 en 1,1 en groter dan 1,1.

In eerste instantie zijn de volgende volumieke gewichten voor verzadigde klei en veen genomen (conservatieve schattingen):

- Klei 14 kN/m³
- Zandige klei / Kleig zand 17,5 kN/m³
- Veen 10,5 kN/m³

Deze waarden zijn gebaseerd op de gegevens vanuit het onderzoek van NITG-TNO. Er is geen rekening gehouden met het niet volledig verzadigd zijn van de grond boven de grondwaterstand. De verschillen in volumieke gewichten tussen bijvoorbeeld verzadigde klei en klei met natuurlijk vocht is verwaarloosbaar (Royal Haskoning, 2002).

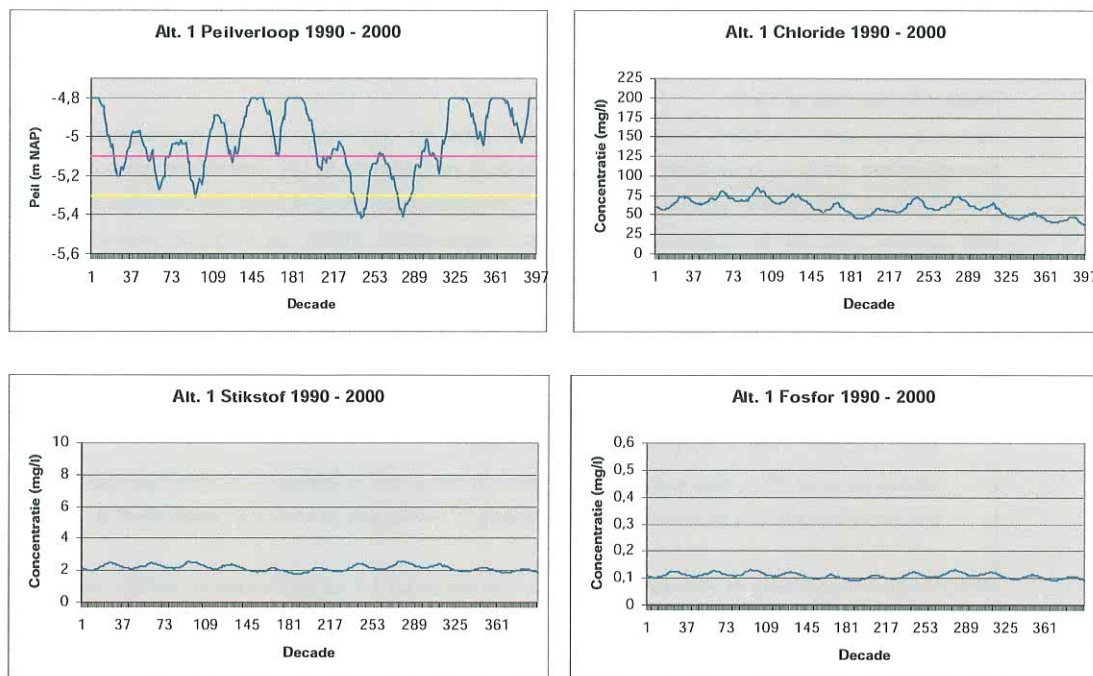
Per rekenknoop in het model is de opwaartse druk van de stijghoogte in het eerste watervoerend pakket vergeleken met de neerwaartse druk van de betreffende grondkolom. De bodemopbouw zoals gepresenteerd door NITG-TNO is dus verwerkt in deze berekening.

De grens tussen wel of niet opbarsten is gelegd bij 1,1. Vooral omdat de waarden voor volumieke gewichten al erg conservatief zijn gekozen is het gebied waar de veiligheid tussen 1 en 1,1 voorkomt ook nog meegenomen als gebied waar mogelijk (na nadere bepaling van de volumieke gewichten) de effecten toelaatbaar blijken te zijn. In de figuren worden drie situaties beschreven: veilig (groen), risico voor opbarsten (blauw, veiligheid tussen 1 en 1,1) en opbarsten (rood).

Waterkwaliteit

De verwachte waterkwaliteit van het oppervlaktewater is berekend aan de hand van een water- en stoffenbalans. De achtergronden bij deze balans zijn vermeld in paragraaf 6.2.4. De resultaten voor alternatief 1 zijn vermeld in afbeelding 6.7. Weergegeven is het verloop van de oppervlaktewaterstand en de chloride-, stikstof- en fosforconcentratie in het oppervlaktewater, gebaseerd op de periode 1990 – 2000.

Afbeelding 6.7 Resultaten water- en stoffenbalans alternatief 1



Toelichting:

Het peilverloop laat zien dat door het wegvallen van de inlaat en de gedeeltelijk omslag van kwel naar infiltratie, de peilen tijdens drogere jaren wegzakken tot maximaal 50 cm beneden het peil in het voorjaar. Tijdens de extreem droge jaren 1995 – 1996 zakt het peil zelfs meer dan 50 cm weg. Met name het wegvallen van de kwel draagt hier aan bij.

De kentallen wat betreft het berekende concentratieverloop zijn samengevat in tabel 6.4. Voor chloride is sprake van een sterke daling van concentraties, tot ver onder de MTR-norm. Voor stikstof en fosfor is eveneens sprake van een aanzienlijke daling. Voor beide stoffen komt de concentratie (zomer/jaargemiddelden) op danwel onder de MTR-norm te liggen. De lage concentraties worden veroorzaakt doordat de kwel volledig wordt weggedrukt.

Tabel 6.4 Resultaten stoffenbalans alternatief 1 (concentraties in mg/l)

		Range	Jaargemiddelde	Zomergemiddelde
Chloride	Berekend, alternatief	38 - 85	60	62
	Gemeten, huidig	110 - 290	190	170
	MTR-norm	200		
Stikstof	Berekend, alternatief	1,8 - 2,6	2,2	2,2
	Gemeten, huidig	2 - 11	5,6	3,8
	MTR-norm	2,2		
Fosfor	Berekend, alternatief	0,09 - 0,13	0,11	0,11
	Gemeten, huidig	0,1 - 1,2	0,31	0,41
	MTR-norm	0,15		

6.3.3 Beschrijving effecten piekberging

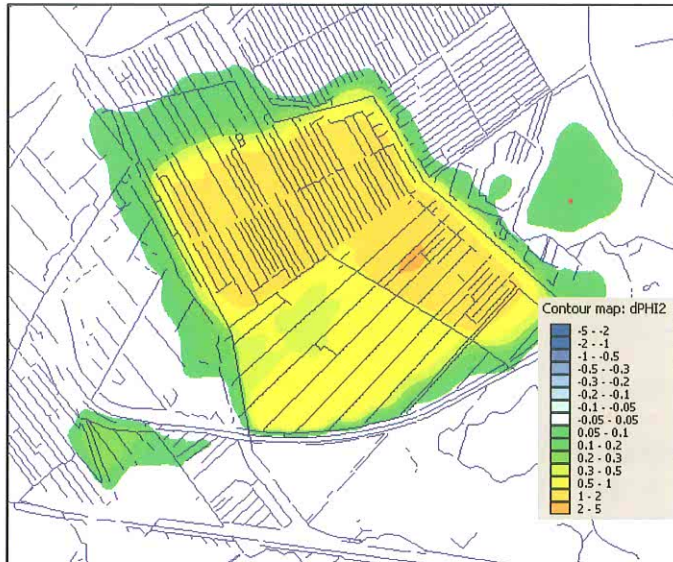
Relevante effecten / maximaal effect scenario

Piekberging vindt plaats 1x per 10 tot 20 jaar. Als piekberging plaatsvindt dan is gedurende circa twee weken sprake van een hoge waterstand in het bergingsbekken. Gelet op dit korte tijdsbestek en het incidentele karakter van de gebeurtenis zullen de grondwaterstanden en de kwel in deze periode niet of slechts gedeeltelijk veranderen. Bovendien zijn de veranderingen zeer kortstondig. Beoordeling van de effecten op eventuele wateroverlast en waterkwaliteitsveranderingen (samenhangend met kwelveranderingen) worden dan ook niet in beschouwing genomen.

Aangezien het grondwatersysteem vrijwel geen freatische bergingscapaciteit heeft zullen drukveranderingen in de tussenzandlaag en het watervoerend pakket zich zeer snel verplaatsen. Deze verandering van drukopbouw is wel relevant voor het beoordelen van de effecten en dan vooral in verband met het risico voor opbarsten van de bodem en de stabiliteit van de bestaande kaden. Om deze effecten te onderzoeken is gebruik gemaakt van het maximaal effect scenario. In de paragrafen 6.3.2 en 5.8 is aangegeven hoe dit scenario is opgebouwd. De effecten zijn beoordeeld ten opzichte dit scenario.

Achtereenvolgens wordt, aan de hand van het maximaal effect scenario, een beschrijving gegeven van de verandering van de grondwaterstand in de deklaag, de verandering van de stijghoogte in het watervoerend pakket. Hieruit volgen de risico's voor het opbarsten van de bodem en instabiliteit van bestaande kaden.

Verandering grondwaterstand deklaag (max. effect)



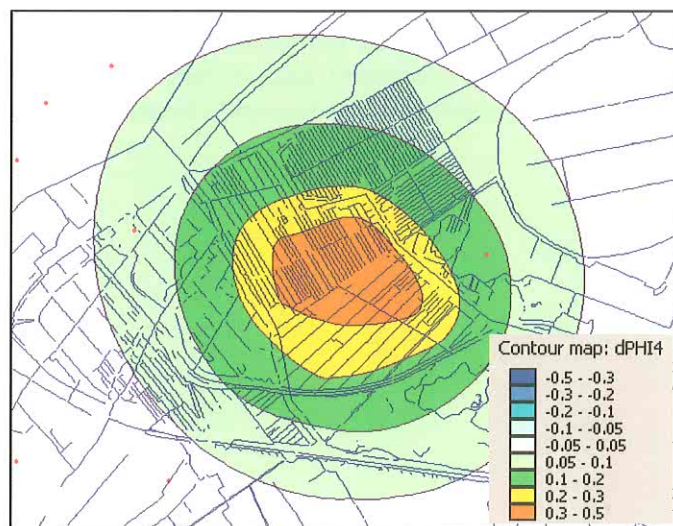
Toelichting:

In algemene zin wordt opgemerkt dat de uitgevoerde berekeningen stationair zijn. Dat wil zeggen dat de situatie wordt berekend die uiteindelijk zal ontstaan als zich een nieuw evenwicht heeft ingesteld. Deze situatie zal, wat betreft de grondwaterstanden in de deklaag (en de kwelveranderingen) in de praktijk niet worden gehaald omdat slechts sprake is van een kortdurende verhoging van de grondwaterstand.

De gepresenteerde verandering van de freatische grondwaterstanden geeft dan ook een worst-case situatie weer.

De grondwaterstand onder het piekbergingsgebied stijgt met 1 tot maximaal 2 meter. Ten gevolge hiervan neemt de grondwaterstand buiten het plangebied toe tot maximaal 0,6 (noordoostelijk) tot 0,8 meter (zuidoostelijk). Ter hoogte van het Buytenpark neemt de grondwaterstand toe met 5 tot 10 cm. Deze verhoging wordt veroorzaakt door de toename van de stijghoogte in het watervoerend pakket. Doordat in dit gebied weinig ontwatering aanwezig, kan de freatische grondwaterstand hier opbollen.

Verandering stijghoogte eerste watervoerend pakket (max. effect)



Toelichting:

De drukverandering die zich voordoet in het eerste watervoerend pakket is aanzienlijk. Onder het bekken neemt de stijghoogte toe met 30 tot 50 centimeter. De 5 cm verhogingscontour ligt op grote afstand van het plangebied en omvat een deel van Leidscheveen en Zoetermeer.

Gevaar voor opbarsten (max. effect, via tussenzandlaag)



Toelichting:

Voor het bepalen van het opbarstrisico zijn wat betreft de situatie met piekberging steeds 2 berekeningen uitgevoerd:

- opbarstrisico vanuit het eerste watervoerend pakket;
- opbarstrisico vanuit de tussenzandlaag.

Voor alle, hierna te beschrijven alternatieven geldt dat er geen opbarstrisico valt te verwachten via het eerste watervoerend pakket.

Het meest kritisch is wat dat betreft alternatief 1 waar, ten gevolge van de aanleg van de recreatieplas circa 3 meter wordt afgegraven. Hierbij is nog geen sprake van een risico voor opbarsten van de plasbodem, maar het berekende evenwicht komt lokaal wel in de buurt van dit criterium. Mocht dit alternatief in beeld komen als voorkeursalternatief dan vormt de maximale ontgravingsdiepte dus een belangrijke randvoorwaarde.

Bovenvermelde afbeelding geeft aan waar geen opbarstgevaar is (groen), er een risico is voor opbarsten (blauw) en waar opbarsten zal optreden. De witte gebieden geven aan waar op dat moment piekberging plaatsvindt dan wel het bovenste deel van de deklaag is afgegraven (seizoensbergingsplas). Hier kan geen opbarsting plaatsvinden.

De aandachtsgebieden zijn gemarkeerd. Aandachtsgebied 1 betreft het uiteinde van de zandige geul die in noordoostelijke richting loopt. Piekbergingscompartiment 1 loopt hier half overheen. Ter plaatse van dit uiteinde van de geul is een aantal sloten aanwezig. Berekend is dat deze slootbodems zullen opbarsten.

Het tweede aandachtsgebied bevindt zich aan de zuidzijde van de recreatieplas. Hier berekent het model eveneens opbarsting van een aantal sloten. Dit is echter een modelmatig opbarsten. Deze sloten snijden namelijk in tot in de zandige tussenlaag. In het model is echter de slootbodem lokaal net iets hoger dan de bovenzijde van de tussenzandlaag. Het model berekent daarmee een opbarsting die in de praktijk niet zal optreden.

Instabiliteit bestaande kaden

In het geotechnisch onderzoek wordt uitgebreid aandacht besteed aan de instabiliteit van bestaande boezenkaden langs de oostzijde van het plangebied (zie achtergronddocument 'Geotechnisch onderzoek kaden'). Bij dit onderzoek wordt gebruik gemaakt van de resultaten van de hier gepresenteerde berekeningen. Op grond van het onderzoek wordt geconcludeerd dat bij alternatief 1, zowel aan de noordoostzijde (Wilsveen) als aan de zuidwestzijde (op de grens met het Buytenpark) de stijghoogten in de tussenzandlaag dusdanig hoog worden (toename 60 tot 80 cm) dat sprake is van een instabiele situatie.

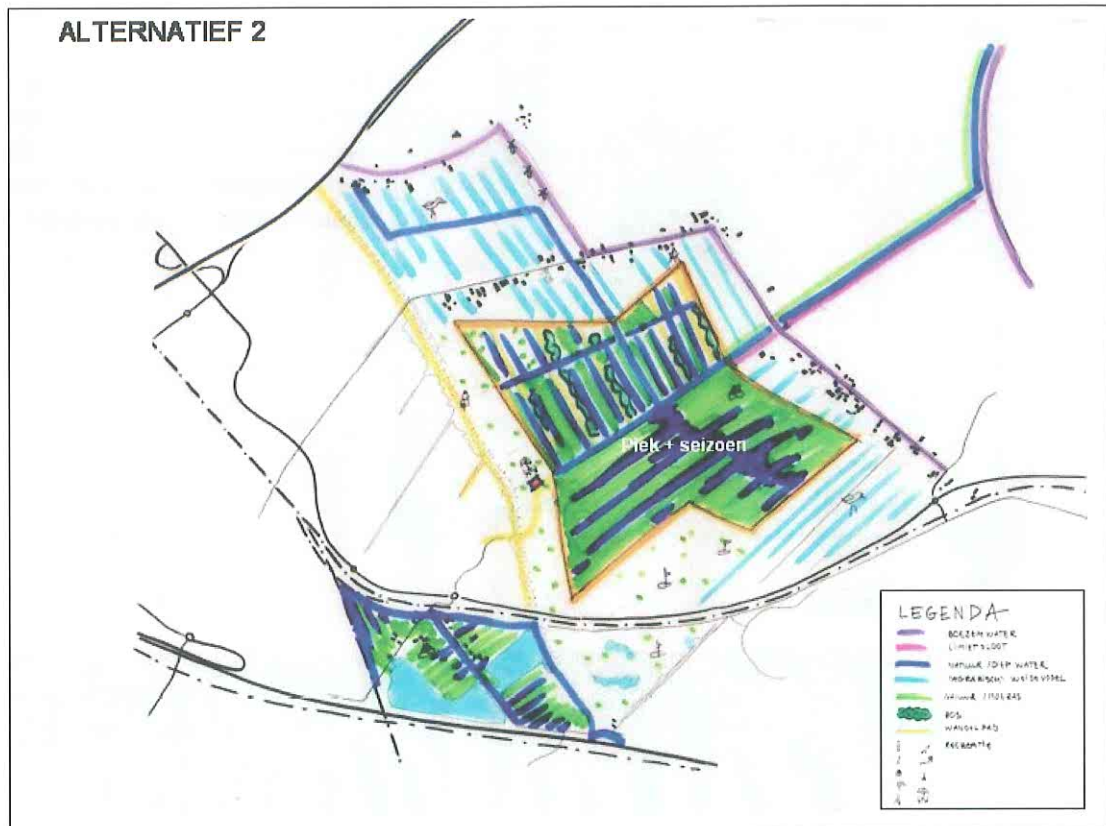
6.4 Alternatief 2: Gecombineerde piek- en seizoensberging: landschap met nieuwe vorm

6.4.1 Beschrijving alternatief

In afbeelding 6.8 is een overzicht gegeven van alternatief 2. De hydrologische kenmerken van dit alternatief zijn:

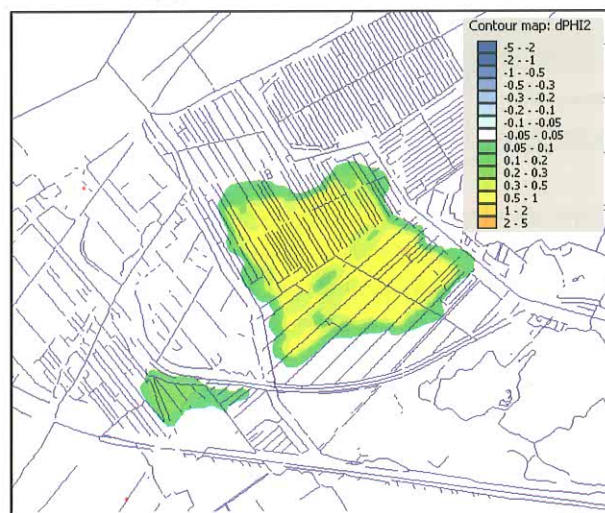
- gecombineerde piek- en seizoensberging
- totale bergingsoppervlak: 163 hectare
- verdeling land/water circa 75/25%
- slootdiepte circa 1,25 m –maximaal seizoensbergingspeil (slootbodembodem op circa NAP –6 meter)
- totale omtrek bergingsgebied circa 6,2 km
- huidige, gemiddelde maaiveldhoogte in bergingsgebied: NAP -4,85 meter
- seizoensberging:
 - * variabel seizoensbergingspeil tussen NAP -4,8 en NAP -5,3 meter (inclusief Roeleveen)
- piekberging:
 - * maximale piekberging: 2 miljoen m³
 - * maximum peil: NAP –3,55 meter

Afbeelding 6.8 Overzicht alternatief 2



6.4.2 Beschrijving effecten seizoensberging

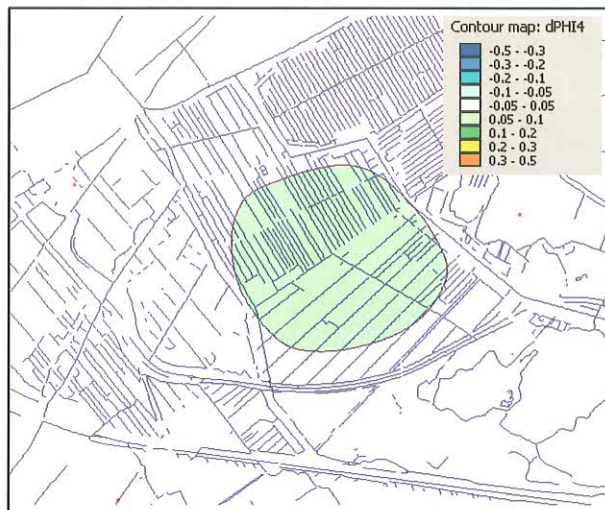
Verandering grondwaterstand deklaag



Toelichting:

De freatische grondwaterstand in het seizoensbergingsgebied neemt met tot 0,5 à 1,0 meter en in Roeleveen met maximaal 0,3 meter. De effecten buiten deze gebieden zijn in het algemeen beperkt tot maximaal 20 cm. Lokaal reikt de 5 cm verhogingscontour tot aan de grens van het plangebied.

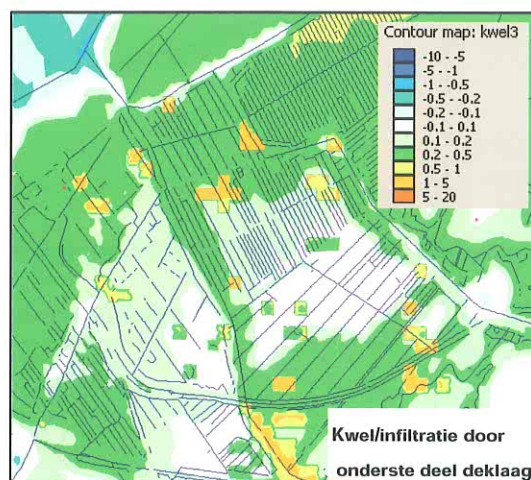
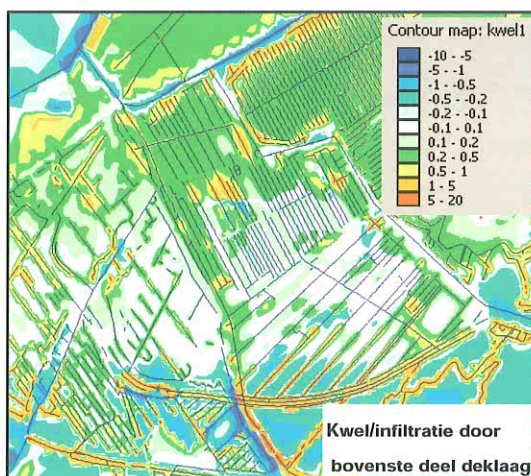
Verandering stijghoogte eerste watervoerend pakket



Toelichting:

De stijghoogteverandering in het eerste watervoerend pakket is beperkt tot 5 à 10 cm. De 5 cm verhogingscontour blijft binnen de grenzen van het plangebied.

Kwel/infiltratie



Toelichting:

Als gevolg van de peilopzet neemt de kwel door het bovenste deel van de deklaag af (linker afbeelding). In zuidwestelijke deel komt de kwel/infiltratie rond het omslagpunt te liggen, naar het noordwesten toe is nog steeds sprake van lichte kwel. De 'gaten' in het basisveen zijn herkenbaar als plekken waar de kwel intensiever is. De lokaal sterkere infiltratie wordt veroorzaakt door de aanwezigheid van de zandbanen. De kwel vanuit het watervoerend pakket (rechter afbeelding) neemt eveneens af. Ook hier geldt een tweedeling met in het zuidelijk deel van het bergingsgebied waarden rond het omslagpunt en in het noorden nog steeds lichte kwel.

In de autonome situatie is voor het seizoensbergingsgebied een netto kwel van 0,30 mm/dag berekend. Na uitvoering van de maatregelen wordt een netto kwel van 0,09 mm/dag berekend.

Wateroverlast

Gekeken is naar de het gebied waarbinnen sprake is van een grondwaterstandsverandering > 5 cm. Buiten het plangebied zijn geen effecten te verwachten. Binnen het plangebied komt totaal circa 17 hectare bebouwd gebied voor (bebouwing + erven), gesitueerd langs de oost- en noordzijde van het plangebied. Voor circa 3 hectare areaal bebouwing + erf wordt mogelijk enige grondwateroverlast verwacht (grondwaterstandsveranderingen 5 tot 20 cm).

Gevaar voor opbarsten bodem

Voor de situatie met seizoensberging is er geen risico voor opbarsten.

Waterkwaliteit

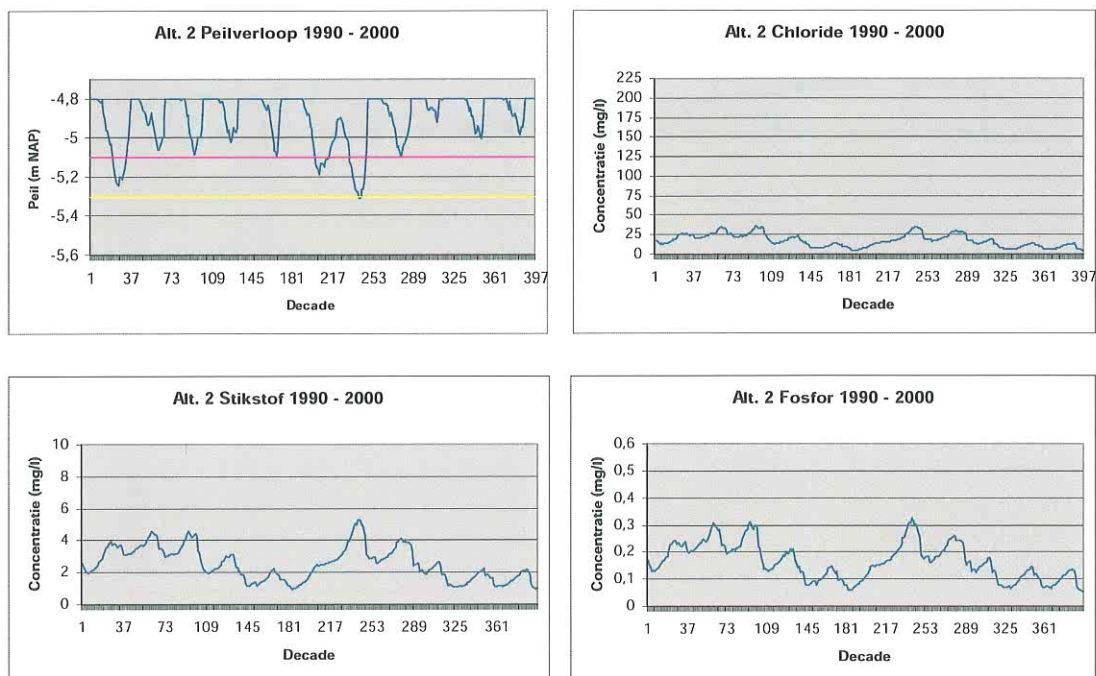
De resultaten van de water- en stoffenbalans voor alternatief 2 zijn vermeld in afbeelding 6.9. Weergegeven is het verloop van de oppervlaktewaterstand en de chloride-, stikstof- en fosforconcentratie in het oppervlaktewater, gebaseerd op de periode 1990 – 2000.

Toelichting:

Het peilverloop laat zien dat de oppervlaktewaterpeilen in de natte jaren uitzakken met 10 tot 30 cm. In (extreem) droge jaren is uitzakking tot 50 cm mogelijk. De grens van 50 cm uitzakking wordt net niet overschreden. De aanwezigheid van (lichte) kwel voorkomt verder uitzakken van de waterstand.

De kentallen wat betreft het berekende concentratieverloop zijn samengevat in tabel 6.5. Voor chloride is sprake van een sterke daling van concentraties, tot ver onder de MTR-norm. Voor stikstof en fosfor is eveneens sprake van een aanzienlijke daling, de concentraties (zomer/jaargemiddelden) blijven echter boven de MTR-norm.

Afbeelding 6.9 Resultaten water- en stoffenbalans alternatief 2

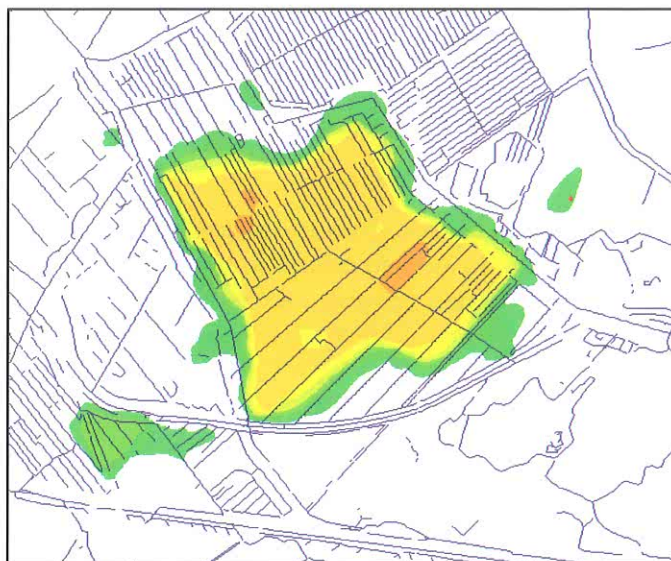


Tabel 6.5 Resultaten stoffenbalans alternatief 2 (concentraties in mg/l)

		Range	Jaargemiddelde	Zomergemiddelde
Chloride	Berekend, alternatief	5 – 36	17	19
	Gemeten, huidig	110 – 290	190	170
	MTR-norm	200		
Stikstof	Berekend, alternatief	1,0 – 5,3	2,5	2,7
	Gemeten, huidig	2 – 11	5,6	3,8
	MTR-norm	2,2		
Fosfor	Berekend, alternatief	0,06 – 0,32	0,16	0,18
	Gemeten, huidig	0,1 – 1,2	0,31	0,41
	MTR-norm	0,15		

6.4.3 Beschrijving effecten piekberging

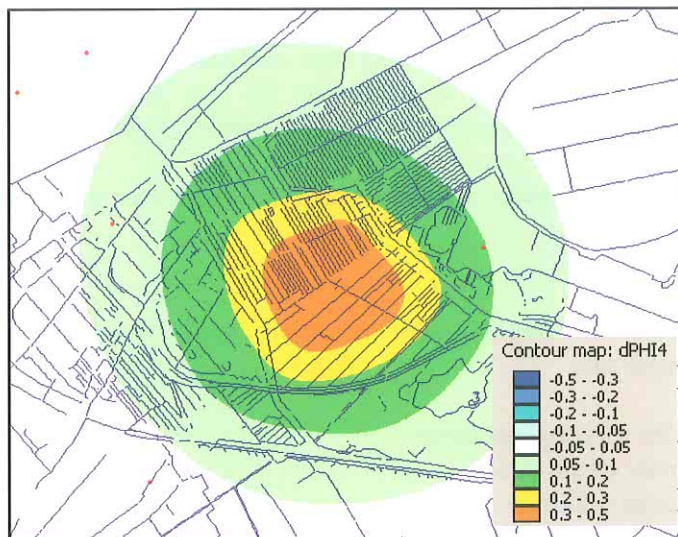
Verandering grondwaterstand deklaag (max. effect)



Toelichting:

De grondwaterstand onder het piekbergingsgebied stijgt met 1 tot maximaal 2 meter. Ten gevolge hiervan neemt de grondwaterstand buiten het plangebied toe tot maximaal 0,3 meter (zuidoostelijk). Doordat het bekken meer centraal gesitueerd is binnen het plangebied zijn de effecten buiten het plangebied kleiner dan bij alternatief 1. Ter hoogte van het Buytenpark neemt, evenals bij alternatief 1, de grondwaterstand toe met 5 tot 10 cm.

Verandering stijghoogte eerste watervoerend pakket (max. effect)



Toelichting:

De drukverandering die zich voordoet in het eerste watervoerend pakket is aanzienlijk. Onder het bekken neemt de stijghoogte toe met 30 tot 50 centimeter. De 5 cm verhogingscontour ligt op grote afstand van het plangebied en omvat een deel van Leidscheveen en Zoetermeer. De situatie is vergelijkbaar met die van alternatief 1 (iets minder verstrekkend).

Gevaar voor opbarsten (max. effect, via tussenzandlaag)



Toelichting:

Zie voor algemene beschrijving onder alternatief 1.

De aandachtsgebieden zijn gemarkeerd. Aandachtsgebied 1 betreft wederom het uiteinde van de zandige geul die in noordoostelijke richting loopt. Het piekbergings-compartiment loopt hier half overheen, echter op iets groter afstand dan bij alternatief 1. Berekend is dat ter plaatse van deze sloten er sprake is van een opbarstrisico (blauw).

Het tweede aandachtsgebied bevindt zich aan de noordzijde. Hier ligt het bekken half over de daar aanwezige 'zandpocket' in de deklaag. Berekend wordt dat hier opbarsting van de slootbodem gaat plaatsvinden.

Het derde aandachtsgebied bevindt zich ten zuiden van de piekberging. Hier is lokaal sprake van opbarsting van slootbodems veroorzaakt doordat uitlopers van de zandige tussenlaag ten zuiden van dit deel van de berging reiken tot onder het bekken. Ook speelt hier het (modelmatige) effect ten gevolge van het lokaal net niet insnijden van de sloten tot in de tussenzandlaag.

Instabiliteit bestaande kaden

Op grond van het geotechnisch onderzoek wordt geconcludeerd dat bij alternatief 2 nergens langs onder de boezemkaden langs de oostzijde van het plangebied de toename van de stijghoogte in de tussenzandlaag voor een instabiele situatie zorgt. De stijghoogteverandering onder de kaden is maximaal 30 cm. De nieuwe kaden bij alternatief 2 liggen dus op voldoende afstand van de bestaande boezemkaden.

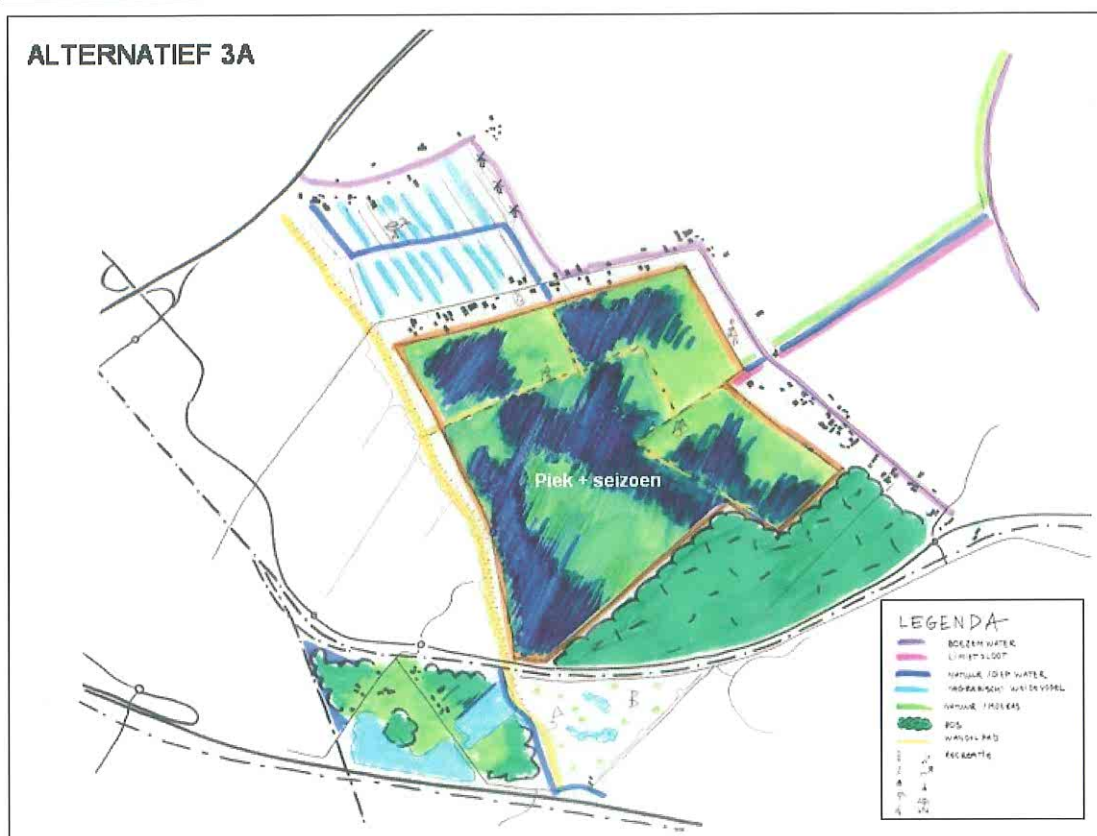
6.5 Alternatief 3a: gecombineerde piek- en seizoensberging: water voor natuur

6.5.1 Beschrijving alternatief

In afbeelding 6.10 is een overzicht gegeven van alternatief 3a. De hydrologische kenmerken van dit alternatief zijn:

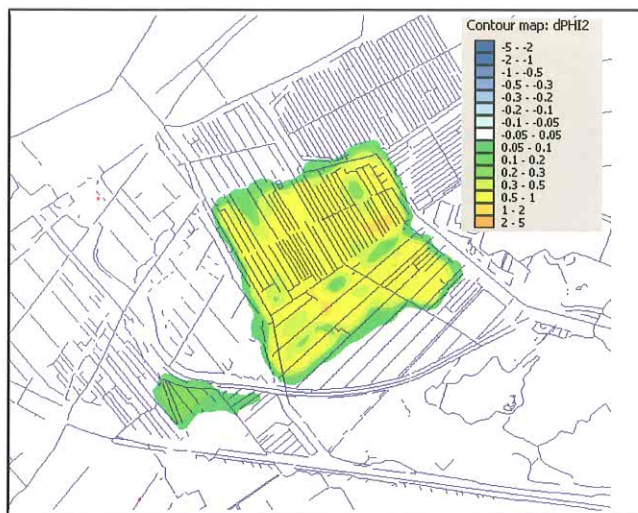
- gecombineerde piek- en seizoensberging;
- totale bergingsoppervlak: 210 hectare
- verdeling land/water circa 50/50%
- waterdiepte gemiddeld 1,25 tot maximaal 2 meter –maximaal seizoensbergingspeil (diepte waterbodem tot circa NAP –7 meter)
- totale omtrek bergingsgebied circa 6,5 km
- huidige, gemiddelde maaiveldhoogte in bergingsgebied: NAP -4,9 meter
- seizoensberging:
 - * variabel seizoensbergingspeil tussen NAP -4,8 en NAP -5,3 meter (inclusief Roeleveen)
- piekberging:
 - * maximale piekberging: 2 miljoen m³
 - * maximum peil: NAP –3,85 meter

Afbeelding 6.10 Overzicht alternatief 3a



6.5.2 Beschrijving effecten seizoensberging

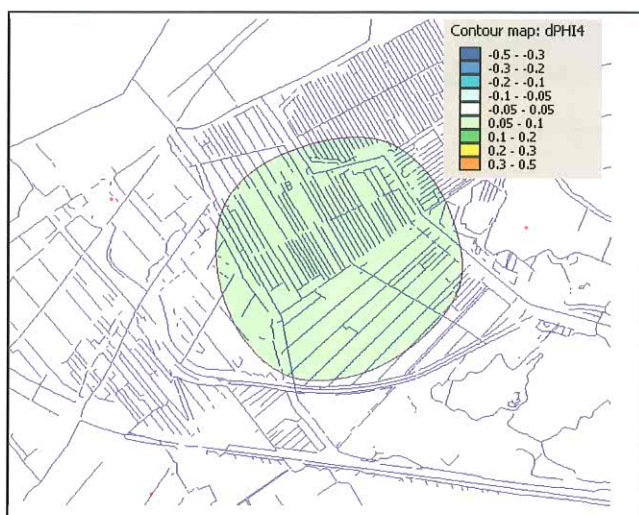
Verandering grondwaterstand deklaag



Toelichting:

De freatische grondwaterstand in het seizoensbergingsgebied neemt toe met 0,5 à 1,0 meter en in Roeleveen met maximaal 0,3 meter. Met name aan de noordoostzijde reikt de invloed tot buiten het plangebied. De verhoging van de freatische grondwaterstand kan hier oplopen tot maximaal 0,5 meter.

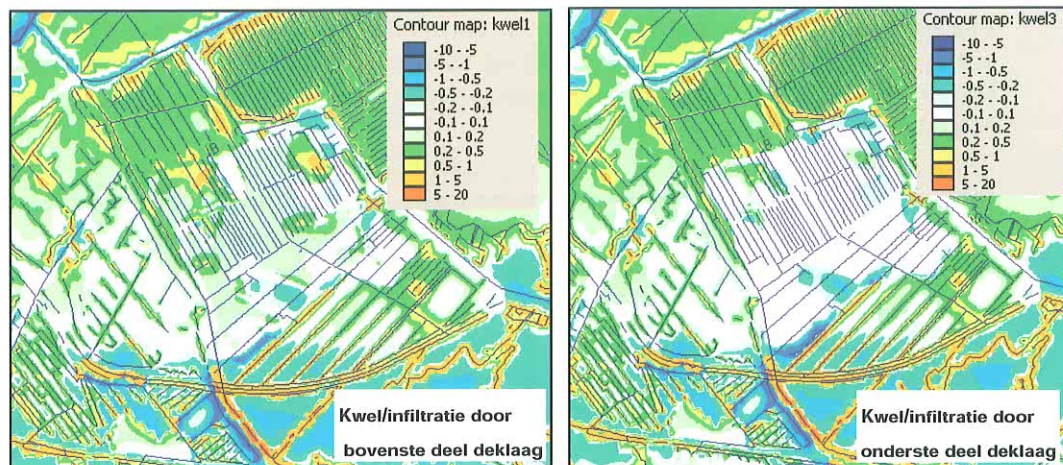
Verandering stijghoogte eerste watervoerend pakket



Toelichting:

De stijghoogteverandering in het eerste watervoerend pakket is beperkt tot 5 à 10 cm. De 5 cm verhogingscontour komt wel tot voorbij de grenzen van het plangebied (noordoostzijde en westzijde).

Kwel/infiltratie



Toelichting:

Als gevolg van de peilopzet neemt de kwel door het bovenste deel van de deklaag af (linker afbeelding). In het grootste deel van het gebied is nog steeds sprake van lichte kwel (0,1 tot 0,2 mm/dag), plaatselijk ligt de kwelflux rond het omslagpunt. Ook hier geldt, evenals bij alternatief 2 dat de 'gaten' in het basisveen herkenbaar zijn als plekken met intensievere kwel. De lokaal sterkere infiltratie wordt veroorzaakt door de aanwezigheid van de zandbanen. De kwel vanuit het watervoerend pakket (rechter afbeelding) neemt eveneens af.

In de autonome situatie is voor het seizoensbergingsgebied een netto kwel van 0,33 mm/dag berekend. Na uitvoering van de maatregelen wordt een netto kwel van 0,11 mm/dag berekend.

Wateroverlast

Langs de buitenzijde van het plangebied (oostzijde tussenboezem) komt circa 10 hectare bebouwd gebied voor (bebouwing + erven). Op grond van de berekeningen wordt mogelijk enige grondwateroverlast verwacht ter plaatse van circa 5 hectare (grondwaterstandsveranderingen 5 tot 50 cm). Binnen het plangebied wordt voor circa 7 hectare bebouwd gebied (van de 17 hectare) mogelijk grondwateroverlast verwacht (eveneens grondwaterstandsveranderingen tot 50 cm mogelijk).

Gevaar voor opbarsten bodem

Voor de situatie met seizoensberging is er geen risico voor opbarsten.

Waterkwaliteit

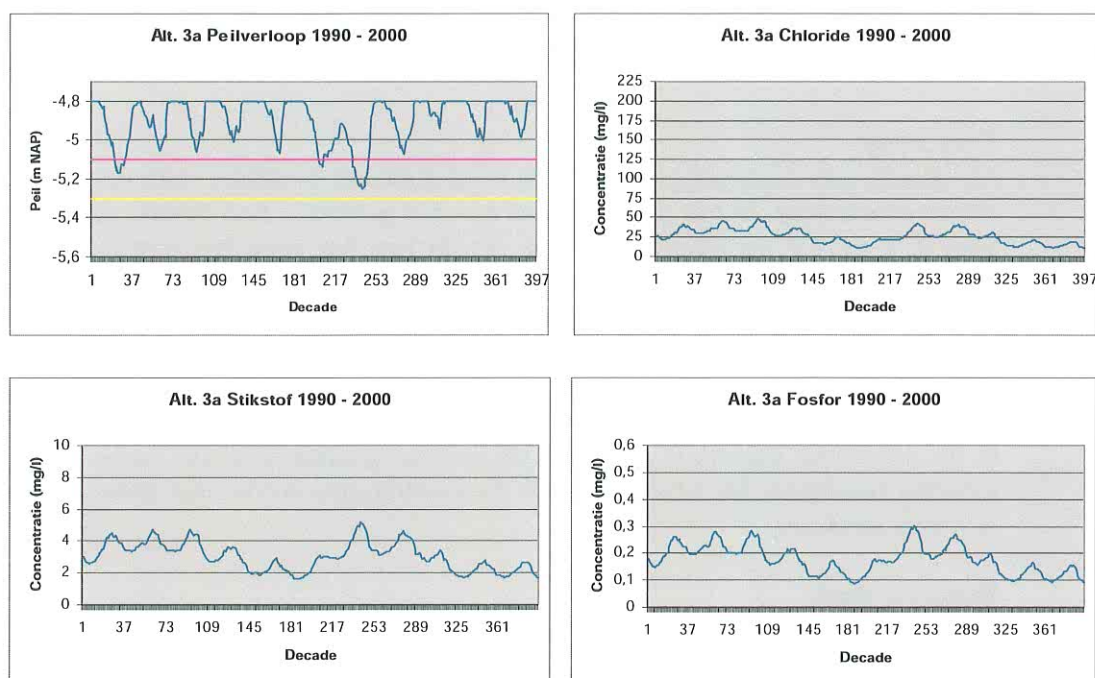
De resultaten van de water- en stoffenbalans voor alternatief 3a zijn vermeld in afbeelding 6.11. Weergegeven is het verloop van de oppervlaktewaterstand en de chloride-, stikstof- en fosforconcentratie in het oppervlaktewater, gebaseerd op de periode 1990 – 2000.

Toelichting:

Het peilverloop laat zien dat het oppervlaktewaterpeil in vrijwel alle jaren niet verder uitzakt dan 30 cm. Alleen in het geval van (extreem) droge jaren zakt de waterstand verder uit. Het peil zakt echter nooit uit met meer dan 50 cm. De aanwezigheid van (lichte) kwel en het relatief grote waterbergingsvolume voorkomt verder uitzakken van het oppervlaktewaterpeil.

De kentallen wat betreft het berekende concentratieverloop zijn samengevat in tabel 6.6. Voor chloride is sprake van een sterke daling van concentraties, tot ver onder de MTR-norm. Voor stikstof en fosfor is eveneens sprake van een aanzienlijke daling, de concentraties (zomer/jaargemiddelden) blijven echter boven de MTR-norm.

Afbeelding 6.11 Resultaten water- en stoffenbalans alternatief 3a

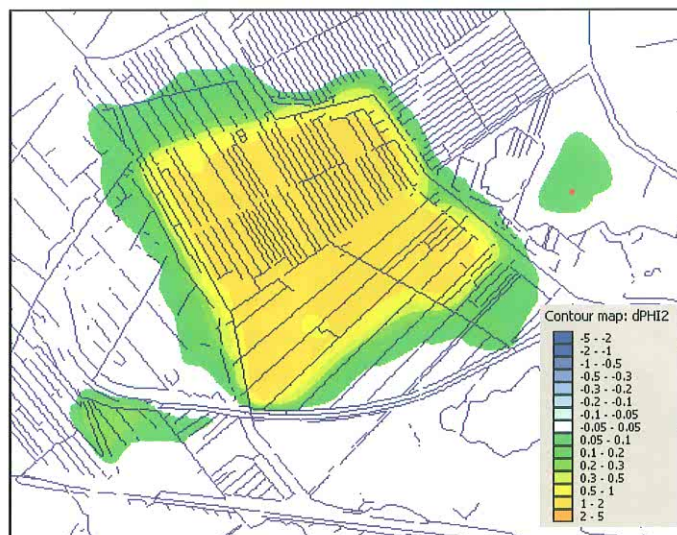


Tabel 6.6 Resultaten stoffenbalans alternatief 3a (concentraties in mg/l)

		Range	Jaargemiddelde	Zomergemiddelde
Chloride	Berekend, alternatief	11 - 49	26	28
	Gemeten, huidig	110 - 290	190	170
	MTR-norm	200		
Stikstof	Berekend, alternatief	1,6 - 5,2	3,0	3,2
	Gemeten, huidig	2 - 11	5,6	3,8
	MTR-norm	2,2		
Fosfor	Berekend, alternatief	0,09 - 0,3	0,18	0,19
	Gemeten, huidig	0,1 - 1,2	0,31	0,41
	MTR-norm	0,15		

6.5.3 Beschrijving effecten piekberging

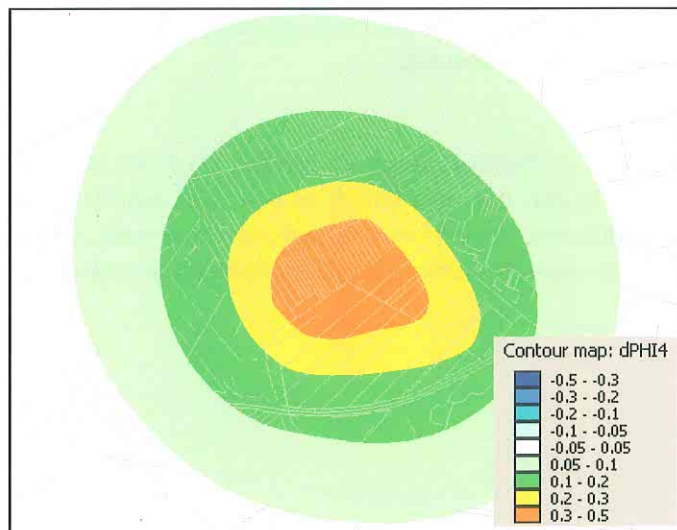
Verandering grondwaterstand deklaag (max. effect)



Toelichting:

De grondwaterstand onder het piekbergingsgebied stijgt met 1 tot maximaal 2 meter. Ten gevolge hiervan neemt de grondwaterstand buiten het plangebied toe met maximaal 0,6 meter (noordoostelijk) en 0,3 meter (zuidoostelijk).

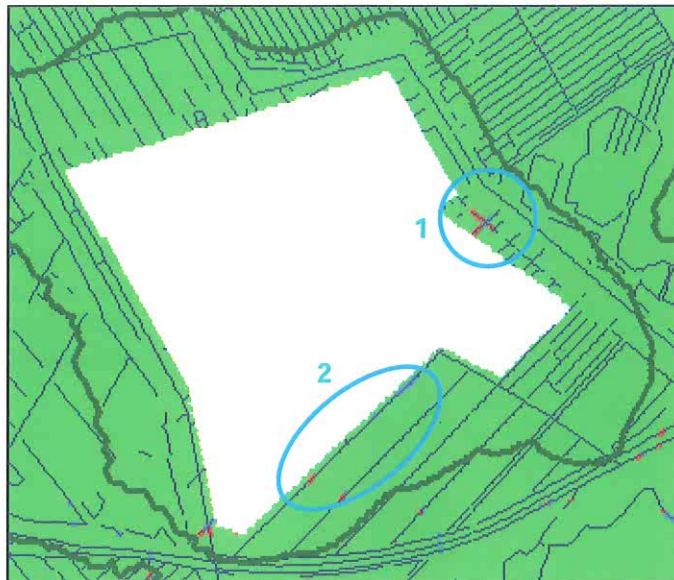
Verandering stijghoogte eerste watervoerend pakket (max. effect)



Toelichting:

De drukverandering in het eerste watervoerend pakket is vergelijkbaar met alternatief 1 en 2. Onder het bekken neemt de stijghoogte toe met 30 tot 50 centimeter. De 5 cm verhogingscontour ligt op grote afstand van het plangebied en omvat een deel van Leidscheveen en Zoetermeer.

Gevaar voor opbarsten (max. effect, via tussenzandlaag)



Toelichting:

Zie voor algemene beschrijving onder alternatief 1. De aandachtsgebieden zijn gemarkeerd.

Aandachtsgebied 1 betreft wederom het uiteinde van de zandige geul die in noordoostelijke richting loopt. Het piekbergings-compartiment loopt hier half overheen. De situatie is vergelijkbaar met alternatief 1. Berekend is dat ter plaatse van deze sloten opbarsting optreedt (rood).

Het tweede aandachtsgebied bevindt zich ten zuiden van de piekberging. Hier is lokaal sprake van een risico voor opbarsten van slootbodems veroorzaakt doordat uitlopers van de zandige tussenlaag ten zuiden van dit deel van de berging reiken tot onder het bekken. Ook speelt hier het (modelmatige) effect ten gevolge van het lokaal net niet insnijden van de sloten tot in de tussenzandlaag.

Instabiliteit bestaande kaden

Op grond van het geotechnisch onderzoek wordt geconcludeerd dat bij alternatief 3a aan de noordoostzijde sprake is van een instabiele situatie wat betreft de bestaande kaden. De stijghoogte komt hier iets boven het toegestane maximum. De stijghoogte neemt toe met maximaal 60 cm. Aan de zuidoostzijde voldoet de situatie wel (toename stijghoogte maximaal 30 cm).

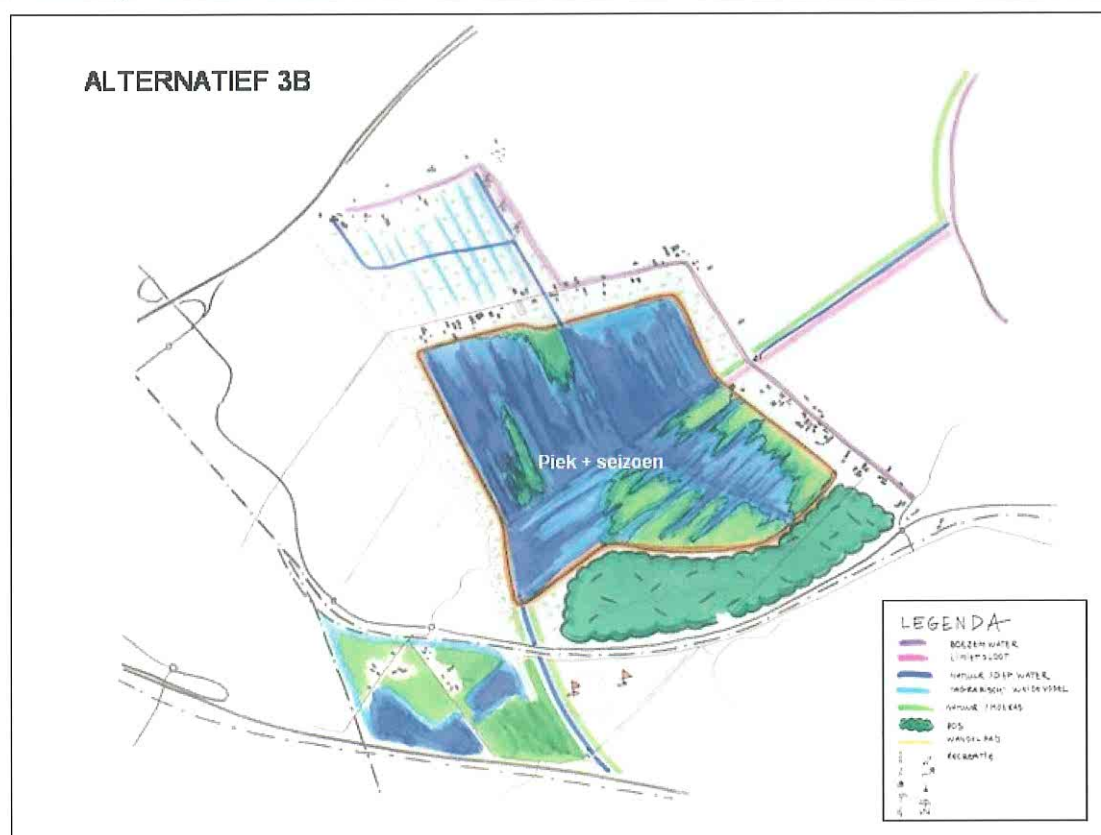
6.6 Alternatief 3b: gecombineerde piek- en seizoensberging: waterkwaliteit

6.6.1 Beschrijving alternatief

In afbeelding 6.12 is een overzicht gegeven van alternatief 3b. De hydrologische kenmerken van dit alternatief zijn:

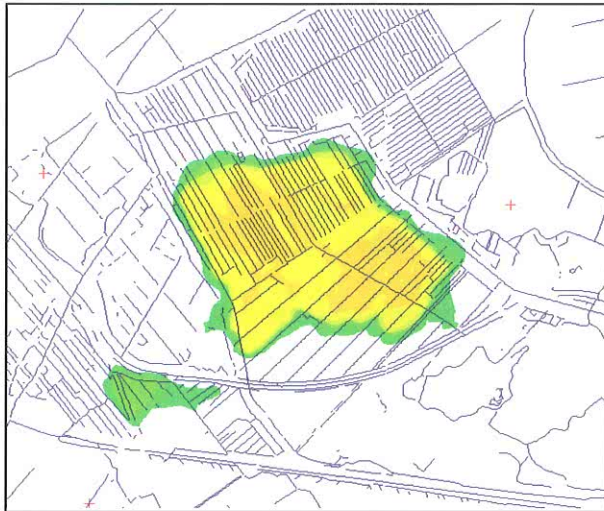
- gecombineerde piek- en seizoensberging
- totale bergingsoppervlak: 200 hectare
- verdeling land/water circa 35/65%
- waterdiepte gemiddeld 1,5 tot maximaal 2,5 meter –maximaal seizoensbergingspeil (diepte waterbodem tot circa NAP –6,75 meter)
- totale omtrek bergingsgebied circa 6,5 km
- huidige, gemiddelde maaiveldhoogte in bergingsgebied: NAP -4,9 meter
- seizoensberging:
 - * variabel seizoensbergingspeil tussen NAP -4,25 en NAP -4,75 meter
 - * peil Roeleveen tussen NAP –4,8 en 5,1 meter
- piekberging:
 - * maximale piekberging: 2 miljoen m³
 - * maximum peil: NAP –3,13 meter

Afbeelding 6.12 Overzicht alternatief 3b



6.6.2 Beschrijving effecten seizoensberging

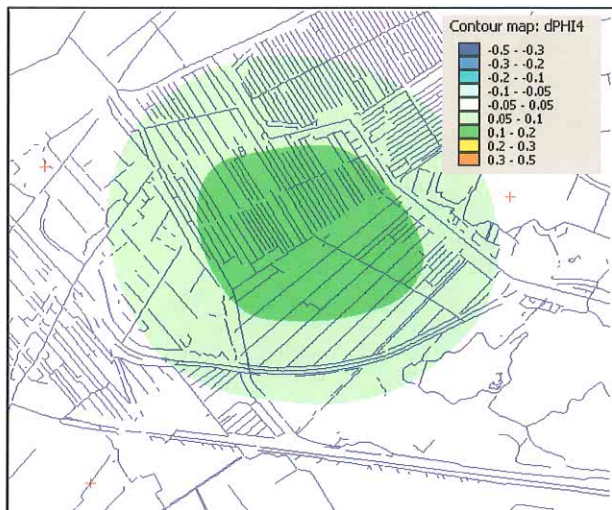
Verandering grondwaterstand deklaag



Toelichting:

De freatische grondwaterstand in het seizoensbergingsgebied neemt toe met 1 à 2 meter en in Roeleveen tot maximaal 0,3 meter. Ondanks de grotere verandering ter plaatse van het seizoensbergingsgebied zijn de effecten naar de omgeving toe vergelijkbaar met die van alternatief 3a. De effecten in de deklaag dempen vrij snel uit. Doordat bij dit alternatief de kaden aan de noordrand op grotere afstand van de rand van het plangebied zijn gelegd, reiken de effecten hier slechts tot aan de randen van het plangebied. Alleen aan de westzijde reikt de invloed lokaal tot buiten het plangebied.

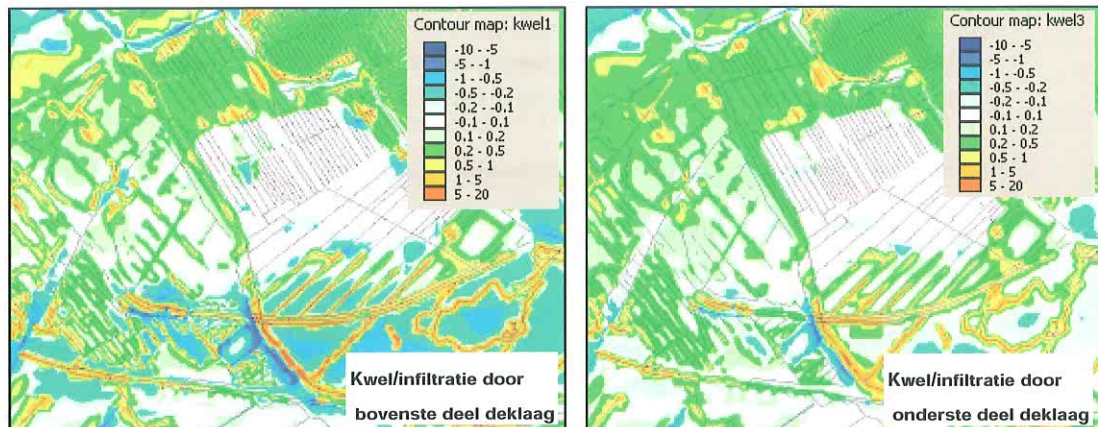
Verandering stijghoogte eerste watervoerend pakket



Toelichting:

In tegenstelling tot de freatische grondwaterstand verandert de stijghoogte in het eerste watervoerend pakket wel aanzienlijk. Ten gevolge van de seizoensberging treedt een stijghoogte-verandering onder het bekken op van 10 tot 20 cm. De 10 cm grens reikt tot aan de grenzen van het plangebied. De contour met 5 cm verandering ligt in dit geval ruim om het plangebied en beslaat onder meer een deel van Leidschenveen.

Kwel/infiltratie



Toelichting:

Bij dit alternatief is duidelijk het effect zichtbaar van de peilverhoging. Als gevolg hiervan neemt de kwel in het gehele plangebied af tot waarden rond het omslagpunt. Lokaal (ter plaatse van de tussenzandlagen) wordt vrij sterke infiltratie berekend (tot 0,5 mm/dag). De kwelveranderingen in de omgeving van het plangebied zijn daarentegen beperkt. Ook de kwel via het onderste deel van de deklaag (rechter afbeelding) laat nu een situatie zien met waarden rond het omslagpunt. De 'gaten' in het basisveen met intensievere kwel zijn vrijwel niet meer herkenbaar.

In de autonome situatie is voor het seizoensbergingsgebied een netto kwel van 0,32 mm/dag berekend. Na uitvoering van de maatregelen wordt een netto infiltratie van 0,02 mm/dag berekend.

Wateroverlast

Langs de oostelijke buitenzijde van het plangebied valt geen effect te verwachten. Wellicht dat aan de zuidwestzijde (Leidschenveen) lokaal iets hogere grondwaterstanden (5 tot 10 cm) kunnen optreden ter hoogte van de bebouwing. Binnen het plangebied wordt voor circa 7 hectare bebouwd gebied (van de 17 hectare) mogelijk grondwateroverlast verwacht (grondwaterstandsveranderingen 5 tot 30 cm).

Gevaar voor opbarsten bodem

Voor de situatie met seizoensberging is er geen risico voor opbarsten.

Waterkwaliteit

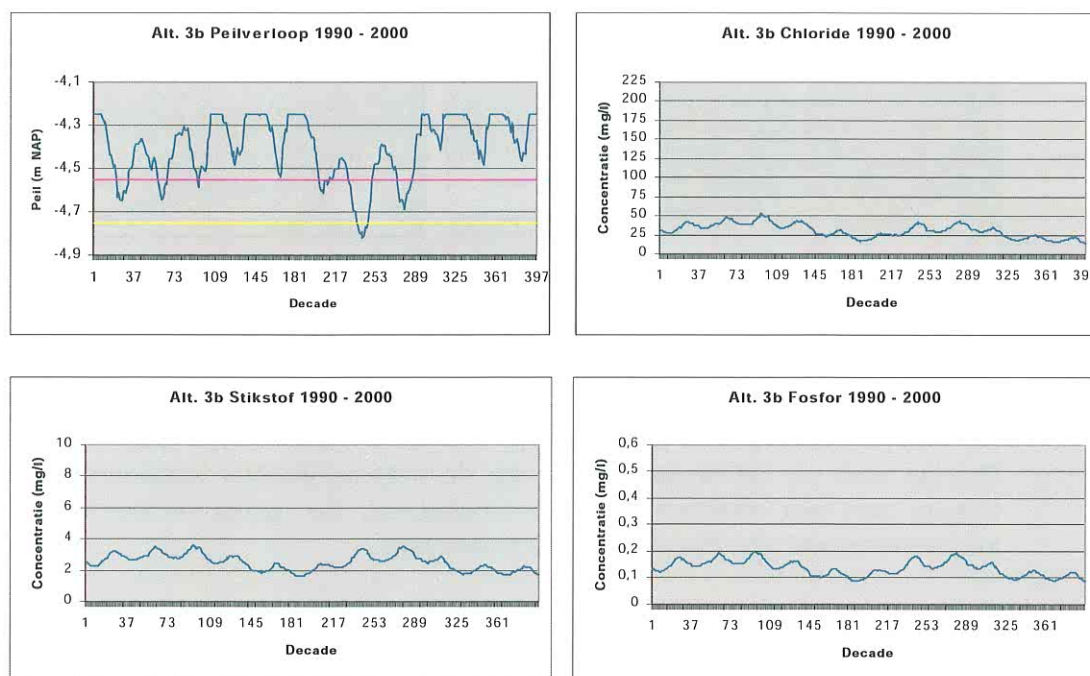
De resultaten van de water- en stoffenbalans voor alternatief 3b zijn vermeld in afbeelding 6.13. Weergegeven is het verloop van de oppervlaktewaterstand en de chloride-, stikstof- en fosforconcentratie in het oppervlaktewater, gebaseerd op de periode 1990 – 2000.

Toelichting:

De peilfluctuaties zijn vergelijkbaar met alternatief 3a, met dit verschil dat de peilen net iets meer uitzakken. Dit wordt veroorzaakt doordat de kwel wegvalt. In 6 van de 11 seizoenen zakt het oppervlaktewaterpeil niet verder uit dan 30 cm. In de overige situaties vindt uitzakking plaats tot maximaal 50 cm.

De kentallen wat betreft het berekende concentratieverloop zijn samengevat in tabel 6.7. Voor chloride is sprake van een sterke daling van concentraties, tot ver onder de MTR-norm. Voor stikstof en fosfor is eveneens sprake van een aanzienlijke daling. De concentraties (zomer/jaar gemiddelden) voor fosfor komen onder de MTR-waarde te liggen, de concentratie stikstof iets boven MTR-waarde.

Afbeelding 6.13 Resultaten water- en stoffenbalans alternatief 3b

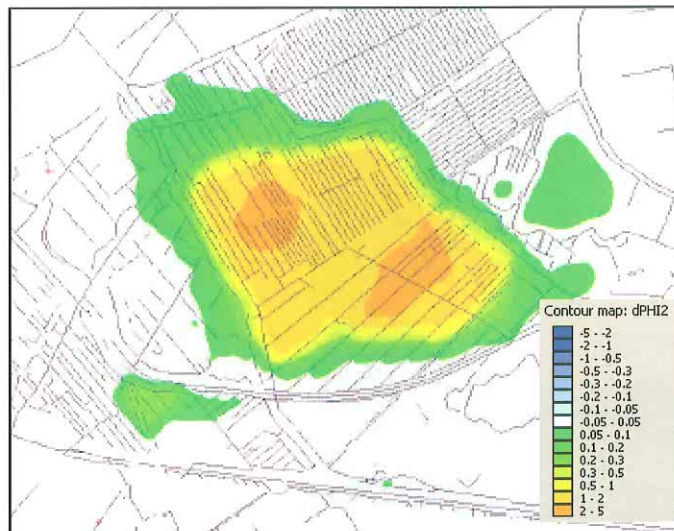


Tabel 6.7 Resultaten stoffenbalans alternatief 3b (concentraties in mg/l)

		Range	Jaargemiddelde	Zomergemiddelde
Chloride	Berekend, alternatief	17 – 57	34	33
	Gemeten, huidig	110 – 290	190	170
	MTR-norm	200		
Stikstof	Berekend, alternatief	1,7 – 3,6	2,6	2,5
	Gemeten, huidig	2 – 11	5,6	3,8
	MTR-norm	2,2		
Fosfor	Berekend, alternatief	0,09 – 0,2	0,14	0,14
	Gemeten, huidig	0,1 – 1,2	0,31	0,41
	MTR-norm	0,15		

6.7 Beschrijving effecten piekberging

Verandering grondwaterstand deklaag (max. effect)

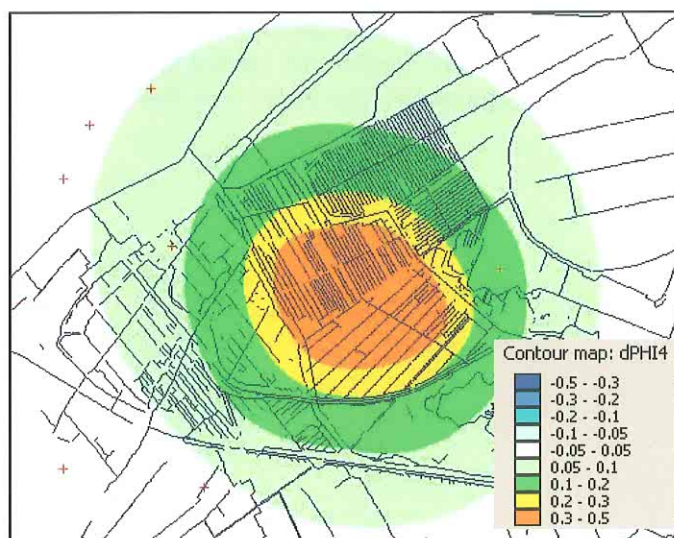


Toelichting:

Door de grotere peilopzet stijgt de grondwaterstand onder het piekbergingsgebied over grotere gebieden met meer dan 2 meter. Ten gevolge hiervan neemt de grondwaterstand buiten het plangebied toe met 0,3 tot 0,5 meter (oostzijde).

Door de extra peilopzet en het verschuiven van de grenzen van de bergingskaden in noordelijke richting reikt de invloed ter hoogte van Potteveen verder dan bij alternatief 3a (verhoging grondwaterstand tot 20 cm).

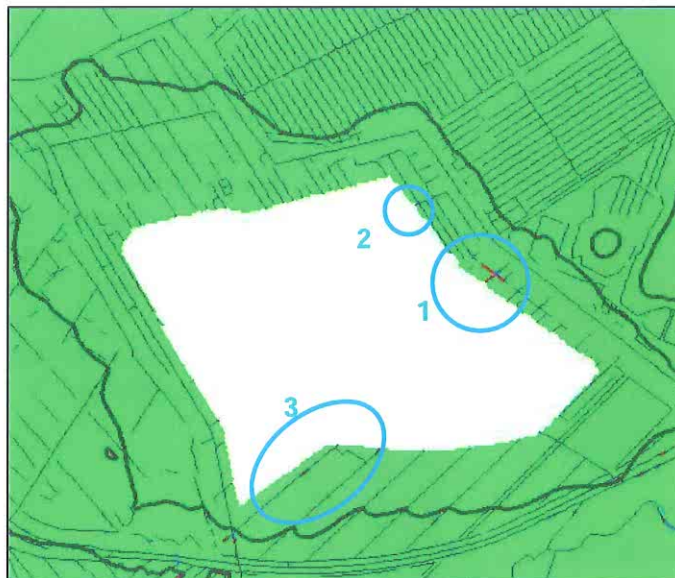
Verandering stijghoogte eerste watervoerend pakket (max. effect)



Toelichting:

De drukverandering in het eerste watervoerend pakket is iets groter dan bij alternatief 3a. Onder het plangebied worden over een groter gebied stijghoogteveranderingen van 30 tot 50 cm berekend en ook de 5 cm contour ligt op grotere afstand.

Gevaar voor opbarsten (max. effect, via tussenzandlaag)



Toelichting:

Zie voor algemene beschrijving onder alternatief 1.

De aandachtsgebieden zijn gemarkeerd. Aandachtsgebied 1 betreft wederom het uiteinde van de zandige geul die in noordoostelijke richting loopt. Het piekbergings-compartiment loopt hier half overheen. Berekend is dat ter plaatse van deze sloten opbarsting optreedt (rood).

Ten noorden hiervan (2) bevindt zich een losse zandpocket die blijkbaar net niet helemaal binnen het bergingsgebied valt. Hier wordt een risico voor opbarsten berekend (blauw). Aan de zuidzijde (3) van het bekken wordt zeer lokaal nog een risico voor opbarsten berekend (blauw).

Instabiliteit bestaande kaden

Op grond van het geotechnisch onderzoek wordt geconcludeerd dat bij alternatief 3b zowel aan de noordoostzijde als de zuidoostzijde er geen sprake is van een instabiele situatie wat betreft de bestaande kaden. De stijghoogte neemt toe met 30 tot 50 cm maar komt niet boven de maximaal toegestane stijghoogte van NAP -4,2 tot NAP -4,6 meter.

7 UITWERKING VOORKEURSALETERNATIEF

7.1 Beschrijving voorkeursalternatief

Het voorkeursalternatief is ontwikkeld en beschreven door de Werkgroep Planinhoud en de Projectgroep Herinrichting Nieuwe Driemanspolder en er heeft besluitvorming over plaats gevonden door de Stuurgroep. Het voorkeursalternatief is op een gelijkwaardig detailniveau uitgewerkt en beschreven als de overige alternatieven, dit om de vergelijkbaarheid en het detailniveau van de effectbeoordeling te kunnen waarborgen.

In deze paragraaf is een beknopte beschrijving van het voorkeursalternatief gegeven. Hierbij wordt ingegaan op de aspecten van het voorkeursalternatief die samenhangen met het geohydrologisch onderzoek. Een uitgebreide beschrijving van het voorkeursalternatief is opgenomen in hoofdstuk 10 van het MER hoofdrapport.

In afbeelding 7.1 is een overzicht gegeven van het voorkeursalternatief. De hydrologische kenmerken van dit alternatief zijn:

- gecombineerde piek- en seizoensberging;
- totale bergingsoppervlak: 180 hectare;
- verdeling land/water circa 25/75%, met de volgende onderverdeling:

Open water	72 %
Moeraszone	6 %
Struinnatuur, maaiveldhoogte tussen NAP -4,8 en -3,45 meter	14 %
Struinnatuur, maaiveldhoogte > -3,45 meter	8 %

De permanent droge delen worden zoveel mogelijk gepland op de kwelgevoelige plaatsen ter hoogte van de zandige geulen/zandpockets. De ontgravingen zijn vooral gepland op de plaatsen met een goed ontwikkelde kleilaag.

- Waterdiepte gemiddeld 1,5 tot maximaal 2,5 meter –maximaal seizoensbergingspeil (diepte waterbodem tot circa NAP –6,3 meter).
- Totale omtrek bergingsgebied circa 6,3 km.
- Huidige, gemiddelde maaiveldhoogte in bergingsgebied: NAP -4,9 meter.
- Seizoensberging:
 - * uitgangspunt voor de berekening is een variabel seizoensbergingspeil tussen NAP -4,8 en NAP -5,1 meter;
 - * de mogelijkheid bestaat dat in de toekomst alsnog besloten wordt tot het instellen van een hoger seizoensbergingspeil, tot maximaal NAP -4,25 meter;
- Piekberging:
 - * maximale piekberging: 2 miljoen m³
 - * het maximale piekbergingspeil wordt berekend ten opzichte van het maximale seizoensbergingspeil (NAP -4,25 meter). Het peikbergingspeil ligt maximaal 1 meter boven dit peil en bedraagt NAP –3,25 meter.
- Peilbeheer buiten de waterbergende zone: winter-/zomerpeil van NAP - 5,80/-5,50 meter in het oostelijke deel van de Nieuwe Driemanspolder en NAP - 5,55/@@@ meter in Potteveen.

- Het peil in Roeleveen blijft ongewijzigd ten opzichte van de huidige situatie.
- Langs de buitenzijde van de aan te leggen kaden is een kwelsloot aangebracht (noordzijde, oostzijde en zuidzijde). De bodem van deze kwelsloot ligt op circa 2 meter beneden maaiveld (gemiddeld NAP -6,8 meter). De waterstand in de kwelsloot bedraagt hiermee, afhankelijk van het seizoen 1 tot 1,3 meter.

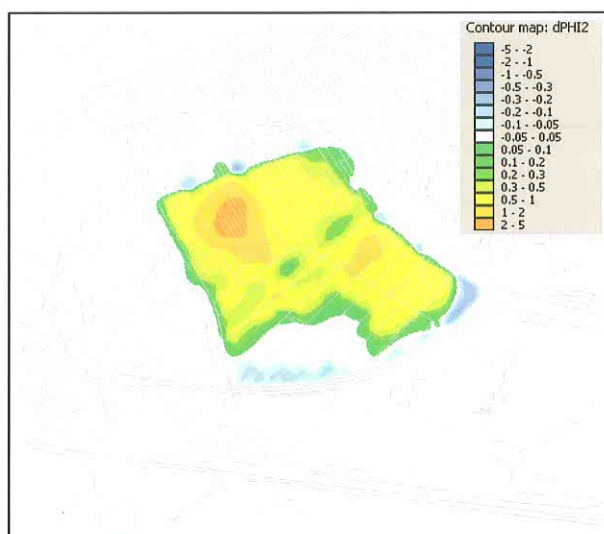
Afbeelding 7.1 Overzicht voorkeursalternatief



7.2 Beschrijving effecten seizoensberging

Wat betreft seizoensberging zijn vooral de effecten met betrekking tot wateroverlast en waterkwaliteit van belang. Om het effect van de kwelsloot bij verschillende peilen na te gaan is de situatie met een maximaal seizoensbergingspeil in het bekken doorgerekend met respectievelijk een zomer- en winterpeilsituatie buiten het bekken (kwelsloot en polders). Uit deze vergelijking is gebleken dat de *relatieve* verschillen in effecten gering zijn. Daar waar het gaat om het doorberekenen van effecten aan de hand van absolute berekeningsresultaten (stijghoogten in meter NAP, kwelintensiteiten in mm/dag) zijn die situaties aangehouden die een worst-case situatie weergegeven.

Verandering grondwaterstand deklaag



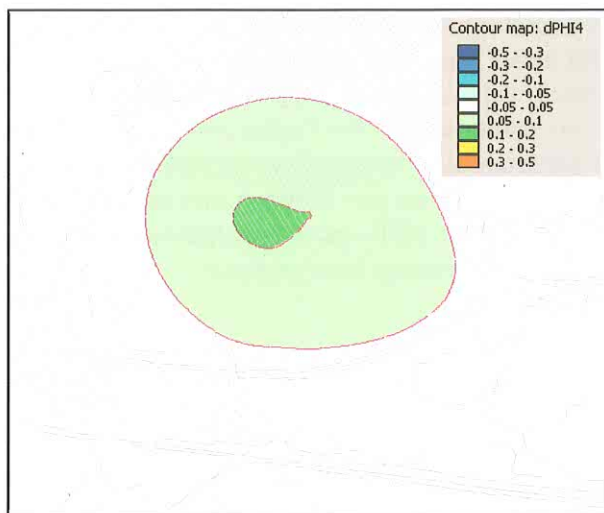
Toelichting:

De freatische grondwaterstand in het seizoensbergingsgebied neemt toe tot plaatselijk meer dan 2 meter. Deze grote opbolling vindt plaats op die terreindelen waar het bestaande maaiveld wordt opgehoogd. Doordat de grondwaterstand hier kan oplopen, wordt ook de kwel verder weggedrukt. Dit komt tot uitdrukking bij de figuren onder 'Kwel/infiltratie'.

De aanwezigheid van de kwelsloot zorgt ervoor dat de effecten aan de buitenzijde van de berging worden geminimaliseerd.

Op een aantal plaatsen is sprake van verlaging van de grondwaterstand ten opzichte van de uitgangssituatie. Dit zijn die plekken waar de kwelsloot insnijdt tot in de zandige tussenlaag. Hier vindt drainage plaats. Op een aantal plaatsen (noordzijde en noordoostpunt) is invloed van de kwelsloot juist minder groot. Hier is sprake van een geringe toename van de grondwaterstand. Op deze plekken is nog sprake van een enigszins ontwikkelde zandtussenlaag, maar tevens van een vrij grote weerstand tussen de onderzijde van de kwelslootbodem en bovenzijde tussenzandlaag. De verhoging van de grondwaterstand is echter beperkt tot 5 à 10 cm en reikt, met uitzondering van het aansluitpunt nabij de Limietsloot, nergens tot aan de bestaande bebouwing.

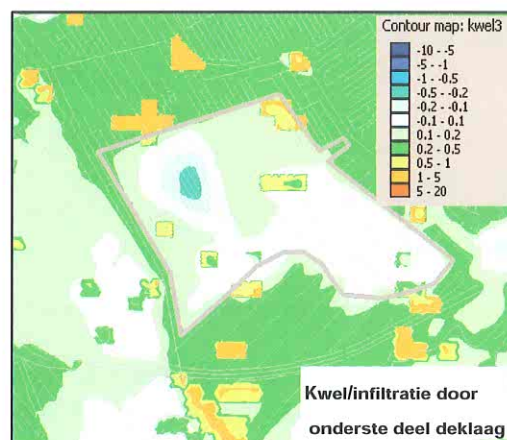
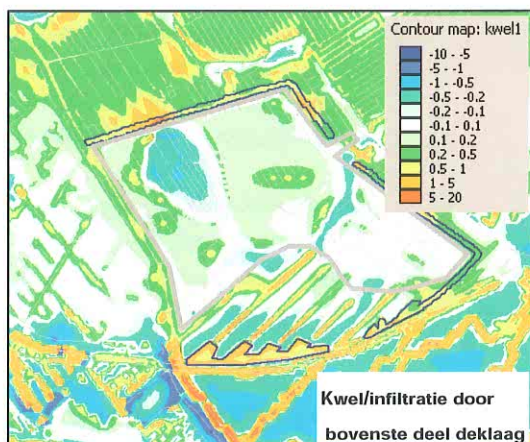
Verandering stijghoogte eerste watervoerend pakket



Toelichting:

De stijghoogteverandering in het eerste watervoerend pakket neemt toe tot maximaal 10 à 20 cm. De toename is iets groter als bij alternatief 3a. Dit wordt veroorzaakt door het feit dat grondwaterstanden in het noordwestelijke deel van het bekken iets hoger kunnen oplopen door de hogere maaiveldligging. De contour met 5 cm verandering valt ongeveer samen met de grenzen van het plangebied. De stijghoogteveranderingen buiten het plangebied zijn minimaal.

Kwel/infiltratie



Toelichting:

In de figuren met de veranderingen van kwel en infiltratie is het gebied aangegeven waarbinnen peilverhoging heeft plaatsgevonden en de ligging van de kwelsloot. Als gevolg van de peilopzet neemt de kwel door het bovenste deel van de deklaag af (linker afbeelding). In een groot deel van het gebied ligt de kwelflux rond het omslagpunt, ter plaatse van de hogere terreindelen heeft omslag plaatsgevonden naar infiltratie. Deze delen vallen samen met de zandpocket in het noordwestelijke deel van het gebied en de oostelijk gelegen geul. Op de overige terreindelen blijft sprake van lichte kwel waarbij de 'gaten' in het basisveen herkenbaar zijn als plekken met intensievere kwel. De kwel vanuit het watervoerend pakket (rechter afbeelding) neemt eveneens af waarbij ter hoogte van de zandpocket eveneens omslag plaatsvindt naar infiltratie.

In de autonome situatie is voor het seizoensbergingsgebied een netto kwel van 0,31 mm/dag berekend. Na uitvoering van de maatregelen wordt een netto kwel van 0,06 mm/dag berekend. Ten opzichte van alternatief 3a (vergelijkbare variant met hetzelfde peilbeheer), waarbij een netto kwel van 0,11 mm/dag werd berekend, neemt de netto kwel dus verder af. Dit wordt vooral veroorzaakt door het 'slim' plannen van de buitengrenzen van het gebied en de locaties van ontgravingen en ophogingen binnen het gebied.

Wateroverlast

Door de werking van de kwelsloot valt langs de buitenzijden van het plangebied geen effect meer te verwachten op de bestaande bebouwing. Daar waar nog sprake is van enige verhoging van de grondwaterstand (5 tot 10 cm) is geen bebouwing aanwezig. De enige uitzondering hierop vormt het perceel ter hoogte van de aansluiting op de Limietsloot. Bij de verdere uitwerking van het ontwerp zal hier met behulp van maatwerk eventuele grondwateroverlast moeten worden tegengegaan.

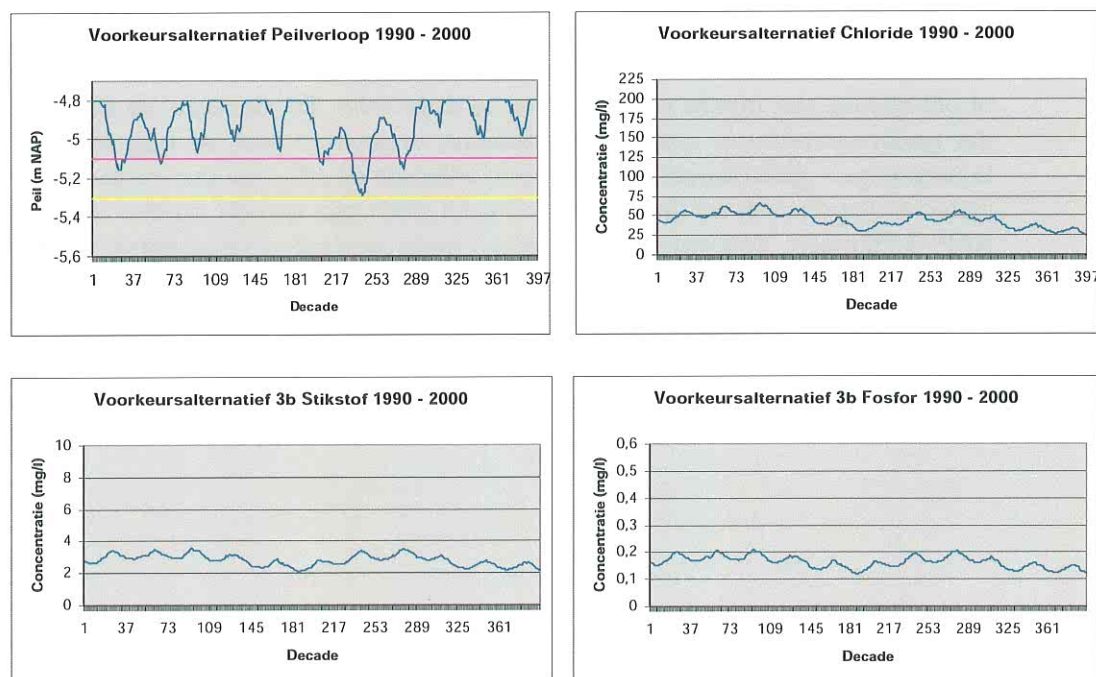
Gevaar voor opbarsten bodem

Voor de situatie met seizoensberging is er geen risico voor opbarsten.

Waterkwaliteit

De resultaten van de water- en stoffenbalans voor alternatief 3b zijn vermeld in afbeelding 7.2. Weergegeven is het verloop van de oppervlaktewaterstand en de chloride-, stikstof- en fosforconcentratie in het oppervlaktewater, gebaseerd op de periode 1990 – 2000.

Afbeelding 7.2 Resultaten water- en stoffenbalans voorkeursalternatief



Toelichting:

Het peilverloop is vergelijkbaar met alternatief 3a. Doordat de kwel iets meer wegvalt dan bij alternatief 3a, zakken de peilen iets meer uit in de zomerperiode. In 6 van de 11 seizoenen blijft de uitzakking van het oppervlaktewaterpeil beperkt tot minder dan 30 cm. In 4 seizoenen is de uitzakking ongeveer gelijk aan of groter dan 30 cm, waarbij in het droge seizoen 1995-1996 net de grens van 50 cm uitzakking wordt bereikt.

De kentallen wat betreft het berekende concentratieverloop zijn samengevat in tabel 7.1. Voor chloride is sprake van een sterke daling van concentraties, tot ver onder de MTR-norm. Voor stikstof en fosfor is eveneens sprake van een aanzienlijke daling. De berekende concentraties (zomer/jaar gemiddelden) voor stikstof en fosfor blijven echter net iets boven de MTR-waarde liggen.

Tabel 7.1 Resultaten stoffenbalans voorkeursalternatief (concentraties in mg/l)

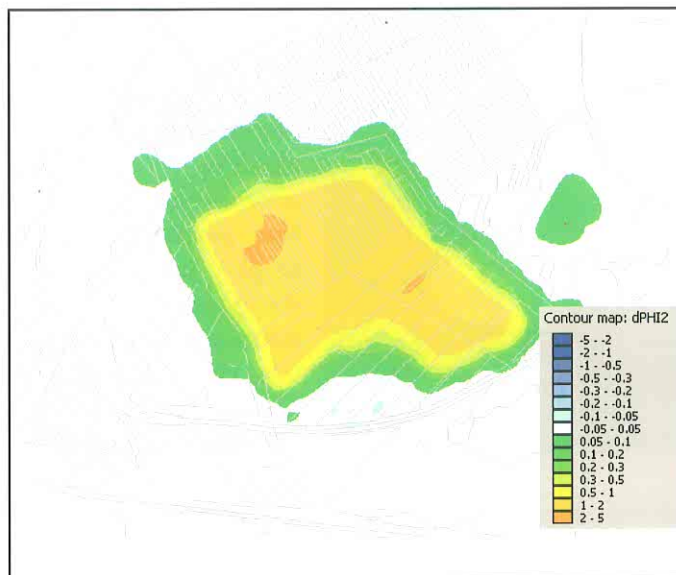
		Range	Jaargemiddelde	Zomergemiddelde
Chloride	Berekend, alternatief	25 - 66	45	46
	Gemeten, huidig	110 - 290	190	170
	MTR-norm	200		
Stikstof	Berekend, alternatief	2,1 - 3,6	2,8	2,9
	Gemeten, huidig	2 - 11	5,6	3,8
	MTR-norm	2,2		
Fosfor	Berekend, alternatief	0,12 - 0,21	0,16	0,17
	Gemeten, huidig	0,1 - 1,2	0,31	0,41
	MTR-norm	0,15		

Controle: situatie bij seizoensbergingspeil NAP -4,25 meter

In de toekomst wordt mogelijk gekozen voor een hoger seizoensbergingspeil (tot maximaal NAP -4,25 meter), bijvoorbeeld vanwege de invloed van klimaatsverandering of om alsnog een betere waterkwaliteit te realiseren. Ter controle op de effecten die in dat geval optreden is ook een berekening uitgevoerd met dit hogere peil. Uit deze berekeningen (geen figuren opgenomen) blijkt dat de effecten aan de buitenzijde van de waterbergingslocatie en de kwelsloot vrijwel gelijk zijn aan de situatie met een peil van NAP -4,80 meter. Wat betreft de aspecten wateroverlast en opbarstrisico bodem worden dan ook geen (extra) negatieve effecten verwacht bij een peil van NAP -4,25 meter.

7.3 Beschrijving effecten piekberging

Verandering grondwaterstand deklaag (max. effect)

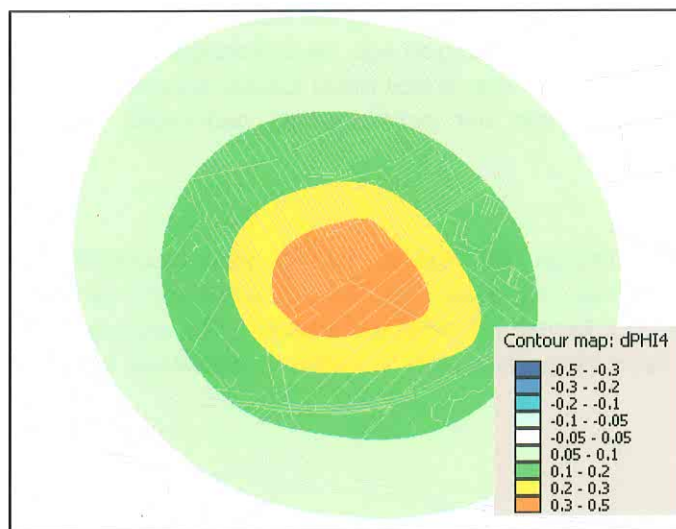


Toelichting:

De grondwaterstand onder het piek-bergingsgebied stijgt met 1 tot maximaal 2 meter. Door de werking van de kwelsloot is de grondwaterstandverhoging buiten het plangebied beperkt.

De verandering van de grondwaterstand bedraagt maximaal circa 0,3 meter. Ter hoogte van de bestaande boezemkaden ten noorden en oosten van de bergingslocatie bedraagt de toename van de grondwaterstand maximaal 0,1 meter.

Verandering stijghoogte eerste watervoerend pakket (max. effect)



Toelichting:

De stijghoogteverandering in het eerste watervoerend pakket van het voorkeurs-alternatief is vergelijkbaar met dat van alternatief 3a. Onder het bekken neemt de stijghoogte toe met 30 tot 50 centimeter. De 5 cm verhogingscontour ligt op grote afstand van het plangebied en omvat een deel van Leidscheveen en Zoetermeer.

Gevaar voor opbarsten (max. effect, via tussenzandlaag)



Toelichting:

Zie voor algemene beschrijving onder alternatief 1. De aandachtsgebieden zijn gemarkeerd. Aandachtsgebied 1 betreft het uiteinde van de zandige geul die in noordoostelijke richting loopt. Het piekbergings-compartiment loopt hier half overheen. Aangezien het perceel met bebouwing zich op korte afstand van de nieuw aan te leggen kaden bevindt is de kwelsloot hier niet doorgetrokken.

Berekend is dat ter plaatse van deze sloten opbarsting optreedt (rood). Ter plaatse van (2) snijdt de kwelsloot de uiterste noordpunt van de hier aanwezige zandpocket die blijkbaar net niet helemaal binnen het bergingsgebied valt. Hier wordt berekend dat de sloot zal opbarsten. Aan de zuidzijde (3) van het bekken is door het lokaal schuiven met de randen van de bergingslocatie het risico voor opbarsten vrijwel niet meer aanwezig.

De nieuwe kaden zijn zodanig ontworpen dat er geen risico is voor het optreden van piping ten gevolge van instabiele watergangen aan de buitenzijde van de kaden. Dit is gerealiseerd door het aanhouden van een brede berm tussen de voet van de kaden en de kwelsloot. In de rapportage van het geotechnisch onderzoek wordt dit nader uitgewerkt.

Instabiliteit bestaande kaden

Op grond van het geotechnisch onderzoek wordt geconcludeerd dat bij het voorkeursalternatief zowel aan de noordoostzijde als de zuidoostzijde er geen sprake is van een instabiele situatie wat betreft de bestaande kaden. De stijghoogte neemt toe met maximaal 10 cm en komt nergens boven toegestane maximum van NAP -4,2 tot NAP -4,6 meter.

8

REFERENTIES

Hoogheemraadschap van Rijnland, Memo 'Effecten op de boezem als gevolg van gewijzigd afvoerbeleid van de Grote Drooggemaakte Polder', april 2004.

Hoogheemraadschap van Rijnland, Balansen en Waterkwaliteit Waterplan Zoetermeer, september 2004.

Hoogheemraadschap van Rijnland, Balansstudie Nieuwe Driemanspolder, juli 2002.

Stuurgroep Nieuwe Driemanspolder, Startnotitie milieueffectrapportage Nieuwe Driemanspolder, januari 2004.

Royal Haskoning, Triwaco for Windows, versie 3.1, 2004.

NITG-TNO, Geohydrologisch model Nieuwe Driemanspolder. Fase 1: geologisch onderzoek, april 2003.

IWACO, Beschrijving geohydrologisch model Zuid-Holland West, mei 1992.

Vereniging voor Landinrichting, Cultuurtechnisch vademecum, 2000.

Centrum voor Geo-Informatie, Landelijk Grondgebruiksbestand Nederland, versie 4, 1999-2000

Topografische Dienst Kadaster, TOP10-vector.

IWACO, Milieutechnische monitoring Westerpark (eerste, tweede, derde/vierde jaar), periode 1995 – 1999.

Royal Haskoning, Problematiek met betrekking tot welvorming in de N22 zuid (N205), 2002.

Royal Haskoning, Herinrichting Nieuwe Driemanspolder, Geotechnisch onderzoek kaden, november 2005.

