

# **MER Lobberdense Waard**

## Onderdeel geohydrologie

Nederzand B.V.

8 december 2010

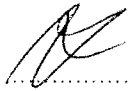
Definitief rapport

9T5135



Boschveldweg 21  
Postbus 525  
5201 AM 's-Hertogenbosch  
+31 (0)73 687 41 11 Telefoon  
+31 (0)73 612 07 76 Fax  
info@den-bosch.royalhaskoning.com E-mail  
www.royalhaskoning.com Internet  
Arnhem 09122561 KvK

|                        |                                                    |
|------------------------|----------------------------------------------------|
| Documenttitel          | MER Lobberdense Waard<br>Onderdeel geohydrologie   |
| Verkorte documenttitel | MER Lobberdense Waard                              |
| Status                 | Definitief rapport                                 |
| Datum                  | 8 december 2010                                    |
| Projectnaam            | Geohydrologisch onderzoek MER<br>Lobberdense Waard |
| Projectnummer          | 9T5135                                             |
| Opdrachtgever          | Nederzand B.V.                                     |
| Referentie             | 9T5135/R00004/902829/BW/DenB                       |

|                  |                                                                                              |
|------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| Auteur(s)        | J. Jansen MSc. en ir. J.A.P.H. Vermulst                                                      |
| Collegiale toets | drs. A. Krikken                                                                              |
| Datum/paraaf     | 8-12-'10  |
| Vrijgegeven door | drs. M. van Elswijk                                                                          |
| Datum/paraaf     | 8-12-'10  |



## INHOUDSOPGAVE

|                                                                       | Blz. |
|-----------------------------------------------------------------------|------|
| 1 INLEIDING                                                           | 1    |
| 1.1 Achtergrond en doelstelling                                       | 1    |
| 1.2 Werk-, project- en studiegebied                                   | 1    |
| 1.3 Onderzoekssituatie                                                | 2    |
| 1.4 Leeswijzer                                                        | 3    |
| 2 WERKWIJZE EN UITGANGSPUNTEN                                         | 4    |
| 2.1 Grondwatermodel                                                   | 4    |
| 2.2 In beeld gebrachte effecten                                       | 4    |
| 2.3 Beschrijving hydrologische situaties                              | 5    |
| 2.4 Uitwerking plan                                                   | 5    |
| 2.5 Beschrijving varianten                                            | 8    |
| 2.6 Door te rekenen varianten en hydrologische situaties              | 11   |
| 3 REFERENTIE SITUATIE                                                 | 13   |
| 3.1 Autonome ontwikkelingen                                           | 13   |
| 3.2 Laagwatersituatie                                                 | 13   |
| 3.3 Hydrologisch gemiddelde situatie                                  | 14   |
| 3.4 Midden-hoogwatersituatie (T = 1)                                  | 14   |
| 3.5 Hoogwatersituatie (T = 10)                                        | 15   |
| 4 BESCHRIJVING EFFECTEN PLAN                                          | 17   |
| 4.1 Laagwatersituatie                                                 | 17   |
| 4.2 Hydrologisch gemiddelde situatie                                  | 19   |
| 4.3 Middenhoogwatersituatie (T=1)                                     | 22   |
| 4.4 Hoogwatersituatie (T=10)                                          | 24   |
| 4.5 Wisselwerking plan Lobberden met peilopzet Oude Rijn              | 26   |
| 4.6 Samenvatting hydrologische en afgeleide effecten plan             | 26   |
| 5 HYDROLOGISCHE EFFECTEN VARIANTEN                                    | 28   |
| 5.1 Variant 3 (eindfase, T=1 hoogwater)                               | 28   |
| 5.2 Varianten 4A en 4B (uitvoeringsfase, laagwatersituatie)           | 30   |
| 6 EINDBEOORDELING PLAN EN VARIANTEN EN MMA                            | 35   |
| 6.1 Beoordeling plan en varianten                                     | 35   |
| 6.2 Effecten en beoordeling Meest Milieuvriendelijk Alternatief (MMA) | 36   |
| 6.2.1 Beschrijving MMA                                                | 36   |
| 6.2.2 Geohydrologische effecten MMA                                   | 37   |
| 7 CONCLUSIES                                                          | 39   |
| 8 LITERATUUR                                                          | 41   |

## BIJLAGE(N)

### 1. Beschrijving grondwatermodel Lobberdense Waard

## **1 INLEIDING**

### **1.1 Achtergrond en doelstelling**

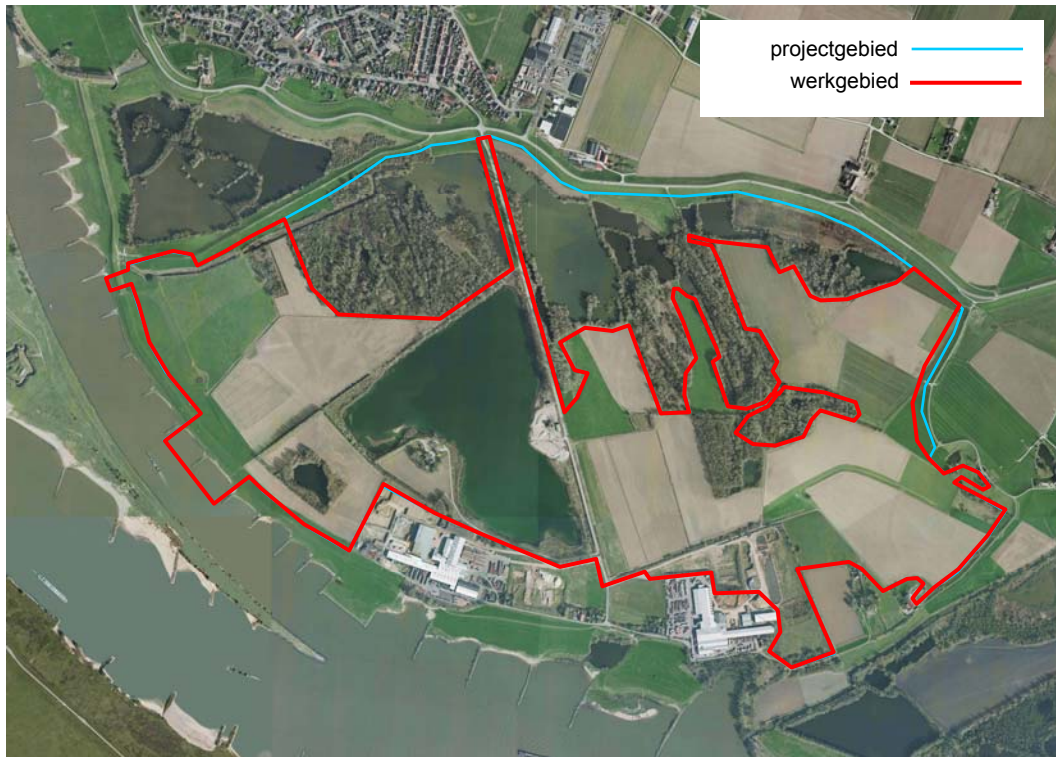
De Lobberdense Waard is gelegen in de Rijnwaardense Uiterwaarden bij het dorp Pannerden. Voor het gebied wordt uitvoering van de maatschappelijke doelstellingen van rivierverruiming in het kader van PKB Ruimte voor de Rivier en natuurontwikkeling – Natura 2000 gebied Gelderse Poort - nagestreefd. De delfstoffenwinners van Samenwerking Lobberdense Waard (CIV BV en Wezendonk Pannerden BV) willen deze doelstelling, mede op verzoek van Rijkswaterstaat en de gemeente Rijnwaarden, middels zandwinning uitvoeren. Bij de ontwikkeling van genoemde functiecombinaties wordt gestreefd om zoveel mogelijk tot een verbetering van de ruimtelijke kwaliteit te komen.

De initiatiefnemers werken sinds 2006 aan de noodzakelijke voorbereidingen om het gebied te kunnen ontwikkelen. Op basis van de Wet milieubeheer zijn de voorgenomen activiteiten, gezien de voorgenomen ontgroning en functiewijziging en Passende Beoordeling, Besluit m.e.r. en Plan-MER plichtig. Daarom is door de initiatiefnemer gekozen voor een gecombineerde procedure. In 2008 heeft dit geleid tot de publicatie van de startnotitie. Deze startnotitie vormt het eerste onderdeel. Het uiteindelijke milieueffectrapport (MER) is het eindresultaat van de m.e.r.-procedure.

Binnen deze MER dienen verschillende aspecten onderzocht te worden. In voorliggend onderzoek is het aspect geohydrologie volledig uitgewerkt. In het uiteindelijke MER worden de uitkomsten en conclusies van dit rapport integraal opgenomen om te komen tot integrale afweging. Deze afweging zal in de MER leiden tot een MMA (meest milieuvriendelijk alternatief) en VA (voorkeursalternatief).

### **1.2 Werk-, project- en studiegebied**

Voor het gebied waarop de m.e.r. betrekking heeft, zijn drie niveaus van detaillering te onderscheiden, te weten: werkgebied, projectgebied en studiegebied. In onderstaande kaart worden het werk- en projectgebied weergegeven, deze worden hierna beschreven.



**Figuur 1.1: Huidige situatie (bron: gemeente Rijnwaarden)**

Het werkgebied betreft dat gedeelte van de waard, waar daadwerkelijk activiteiten plaatsvinden. Het totale werkgebied beslaat bijna 150 ha. Het projectgebied betreft de gehele Lobberdense Waard (minus Zorgdijkplas), globaal begrensd door de kaden en dijken. Het projectgebied omvat een oppervlakte van ongeveer 222 ha. Het studiegebied betreft het gebied van en rondom de Lobberdense Waard waar invloeden van de voorgenomen ingrepen in de Lobberdense Waard te verwachten zijn.

### 1.3 Onderzoekssituatie

In voorliggende rapportage worden verschillende onderzoeksmomenten in kaart gebracht. De huidige situatie en autonome ontwikkelingen zijn de referentiesituatie. Daarnaast worden de effecten van een drietal inrichtingsvarianten in beeld gebracht, welke betrekking hebben op de eindinrichting.

Daarnaast worden de effecten van de uitvoeringsituatie, in de fases Aanleg-Interim-Eind, onderzocht. De effecten van activiteiten zullen per fase in het MER ten opzichte van de huidige referentiesituatie worden beoordeeld. Voor de uitvoeringssituatie is een variant 4 opgesteld die eveneens is onderzocht. In paragrafen 2.4 en 2.5 zijn uitgebreidere beschrijvingen van plan en varianten opgenomen.

Deze rapportage wordt besloten met een conclusie voor het aspect geohydrologie. In het integrale MER wordt weergegeven welke inrichting en uitvoering de voorkeur genieten.

## **1.4 Leeswijzer**

In deze rapportage wordt in hoofdstuk 2 nader ingegaan op de werkwijze en uitgangspunten van het onderzoek. In hoofdstuk 3 worden de resultaten voor de referentiesituatie (incl. autonome ontwikkelingen) gepresenteerd en toegelicht. De resultaten voor het plan volgen in hoofdstuk 4. In hoofdstuk 5 worden vervolgens de effecten van de varianten gepresenteerd. In hoofdstuk 6 volgen de eindbeoordelingen van het plan, de varianten en het Meest Milieuvriendelijke Alternatief (MMA). Tot slot volgen in hoofdstuk 7 de conclusies.

## 2 WERKWIJZE EN UITGANGSPUNTEN

### 2.1 Grondwatermodel

Ten behoeve van de startnotitie en het MER is een grondwatermodel opgezet en geijkt (Royal Haskoning, 2007). Voor het grondwatermodel zijn de volgende basisgegevens gebruikt:

- laagopbouw volgens REGIS;
- doorlatendheden volgens REGIS en overige beschikbare TNO-informatie;
- landgebruik volgens LGN5;
- weerstand deklaag uit Zandbanenkaart en REGIS;
- aanvullende boringen voor kleidikte deklaag;
- gemeten rivierstanden;
- gemeten neerslag en verdamping;
- streefpeilen in de polders (zomer/winter).

Om het grondwatermodel geschikt te maken voor het doorrekenen van een droge periode met lage rivierstanden, is een aantal aanpassingen doorgevoerd. Met het oorspronkelijke grondwatermodel werden in een droge periode met lage rivierstanden structureel te lage grondwaterstanden berekend. Om te zorgen dat er in het binnendijkse gebied tussen de winterdijk en de Oude Rijn de juiste variatie in grondwaterstanden wordt berekend is het model op de volgende punten aangepast:

- De oppervlaktewaterpeilen in de Oude Rijn zijn aangepast op basis van het nieuwe peilbesluit voor de Rijnstrangen. In de Oude Rijn is het minimumpeil verhoogd van NAP + 9,75 m naar NAP + 10,00 m.
- Voor de hoofdwatgang door de Driedorpenpolder is aangenomen dat deze permanent watervoerend is.
- De intreeweerstand van de Oude Rijn is verlaagd op basis van het gemeten stijghoogteverloop in een tweetal peilbuizen in de omgeving van de Oude Rijn.

Een beschrijving van het grondwatermodel is opgenomen in bijlage 1 van deze rapportage.

### 2.2 In beeld gebrachte effecten

Conform de startnotitie is in deze studie nagegaan wat de hydrologische effecten zijn van het inrichtingsplan en de vier varianten. De volgende hydrologische effecten zijn in beeld gebracht:

- verandering grondwaterstanden;
- verandering stijghoogten;
- verandering kwel (binnendijs);
- verandering in de waterbalans (binnendijs).

Op basis van deze hydrologische effecten is ook een aantal afgeleide effecten in beeld gebracht. De volgende mogelijke effecten zijn kwalitatief in beeld gebracht:

- effecten op natte grondwaterafhankelijke natuur (verdroging);
- effecten op landbouw (natschade of droogteschade);
- effecten op bebouwing en infrastructuur (grondwateroverlast of zettingsschade).

## 2.3 Beschrijving hydrologische situaties

Het plangebied wordt sterk beïnvloed door waterstanden in de Rijn en het Pannerdens Kanaal. Bij een gemiddelde, extreem lage of extreem hoge waterstand is sprake van een andere hydrologische situatie. Bij deze verschillende hydrologische situaties kunnen ook de hydrologische effecten van het plan en de varianten anders zijn. Daarom zijn de effecten voor de volgende hydrologische situaties (waterstanden op de Rijn en het Pannerdens kanaal) in beeld gebracht:

- hydrologisch gemiddelde situatie;
- T = 1 hoogwater (hoogwater dat eens per jaar voorkomt);
- T = 10 hoogwater (hoogwater dat eens per 10 jaar voorkomt);
- extreem laagwater (periode maart t/m oktober 2003).

In tabel 2.1 zijn de uitgangspunten voor de berekeningen bij de verschillende rivierwaterstanden samengevat.

**Tabel 2.1: Overzicht uitgangspunten**

| Situatie               | Uitgangspunten                                                                                                                                                                                                                  |
|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Laagwater              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Periode van 1 maart tot 1 november 2003</li> <li>• Gemeten rivierstanden uit deze periode</li> <li>• Gemeten neerslag en verdamping uit deze periode</li> <li>• Zomerpeilen</li> </ul> |
| Gemiddeld              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gemiddelde rivierstand (1997-2006)</li> <li>• Gemiddeld neerslagoverschot</li> <li>• Gemiddeld peilbeheer</li> </ul>                                                                   |
| Hoogwatersituatie T=1  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Periode van twee weken (gem. duur hoogwatergolf)</li> <li>• T=1 rivierstanden</li> <li>• Winterpeilen</li> </ul>                                                                       |
| Hoogwatersituatie T=10 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Periode van twee weken (gem. duur hoogwatergolf)</li> <li>• T=10 rivierstanden</li> <li>• Winterpeilen</li> </ul>                                                                      |

## 2.4 Uitwerking plan

Er zijn drie fasen te onderscheiden ten aanzien van de realisatie van het plan: aanlegfase, interimfase en eindfase.

### Aanleg

In de aanlegfase worden de voorzieningen getroffen die noodzakelijk zijn om particuliere eigendommen te beschermen tegen de invloed van de rivier, zoals de aanleg van kades. Daarnaast wordt de afdekkende klei ontgraven, worden hoogwatervluchtplaatsen ingericht, worden eindinrichtingvoorzieningen aangelegd als een vrijliggend fietspad en wordt ten behoeve van de instandhouding van de bereikbaarheid een tijdelijke brug gerealiseerd.

### Interimfase (= uitvoeringsfase)

In deze fase vindt de feitelijke uitvoering van het werk plaats met het ontgraven van de hoogwatergeul, het maken van de tijdelijke verbinding tussen de uiterwaard en de rivier en aan het einde van de fase de herinrichting en verondieping van oevers met circa 4 miljoen m<sup>3</sup> specie. De bijgevoegde figuur geeft de situering van de ingrepen weer. De oranje lijnen duiden de nieuw te introduceren kades weer die bescherming bieden aan het achterland. De hoogte van de kades nabij woningen en fabrieken bedraagt NAP + 14,50 m (overeenkomstig de laagste hoogte in de Geitenwaardsedam in de huidige situatie). De kades langs de Lobberdenseweg en natuurgebieden bedraagt NAP + 14,30 m (overeenkomstig de hoogte van de Geitenwaardsedam rekening houdend met een verval van 20 cm in de rivier tussen de Geitenwaardsedam en de tijdelijke invaart). De rode pijl is een abstracte weergave van de locatie van de tijdelijke brug met de onderdoorvaart voor schepen. De lichtblauwe lijnen geven de onderwater teenlijn van het talud aan. De bodem bedraagt NAP -8,00 m in het oosten en NAP -6,50 m in het westen van het plangebied. De taluds hebben een verhouding 1:3 op plaatsen waar deze weer worden verondiept en 1:4 op plaatsen waar het ontgravingprofiel tevens eindprofiel is. De grote blauwe pijl geeft de locatie van de verbinding tussen de uiterwaard en de rivier weer.

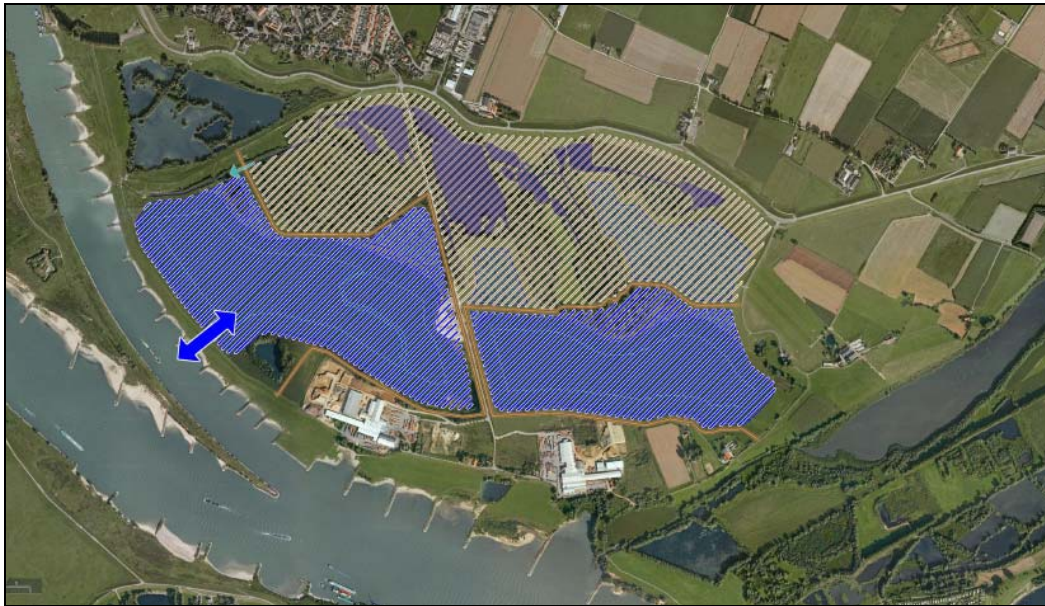


Figuur 2.1: Maximale contour ontgronding interimfase

### Eindfase

De laatste fase behelst het verwijderen van tijdelijke inrichtingsmaatregelen zoals de brug, het afronden van de herinrichting en verondieping van oevers en het afsluiten van de uiterwaard van de rivier. Het natuurbeheergebied wordt uitgebreid tot de volle omvang van het totale gebied en de basis is daarmee gelegd voor een duurzame ontwikkeling van het gebied in het kader van natuurwaarden behorend bij een hoge (donkerblauwe arcering) en lage dynamiek (gele arcering).

Tussen de rivier en het projectgebied wordt een drempel (blauwe pijl) gerealiseerd met een hoogte van NAP +9,65 m (overeenkomstig de huidige situatie). Een bovenafsluiting is er niet, zodat hoogwater vrij spel heeft binnen de contouren die gevormd worden door de nieuwe kaden (oranje lijnen). Daarbuiten blijft de situatie overeenkomstig de huidige situatie.



**Figuur 2.2: Dynamiek eindsituatie**



**Figuur 2.3: Natuurlijke begroeiing eindsituatie (met als oranje stippen de hoogwatervluchtplaatsen en in blauw de nieuwe poelen)**

## 2.5 Beschrijving varianten

Een drietal inrichtingvarianten (varianten 1 t/m 3) en twee werkwijzevarianten (varianten 4A en 4B) zijn onderzocht in het m.e.r. Als gevolg van de onderzoeksresultaten ten aanzien van het plan in de interim- en eindfase zijn de varianten nader uitgewerkt, alvorens ze zijn meegenomen in de onderzoeken.

### Variant 1

De inrichtingsvariant ziet toe op de vormgeving en inrichting van de noordelijke oever van de strang met als doel de ruimtelijke en ecologische kwaliteit van het plan te verbeteren. Het basisplan vormt de basis voor de uitwerking van variant 1.

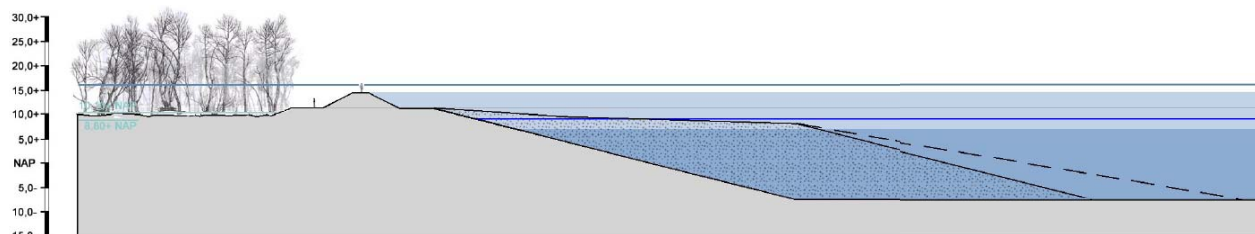
Het optimaliseren van de inzet van restspecie binnen het plangebied is uitgewerkt. 500.000 m<sup>3</sup> specie is extra beschikbaar naast de reeds ingezette 3.500.000 m<sup>3</sup> specie. Op een drietal locaties op de noordoever wordt deze ingezet om de oevers te verbreden, verzachten en landschappelijk gezien een smallere strang te realiseren. Het betreft twee locaties in het westelijk deel van de strang en één aan de oostkant. Figuur 2.4 geeft de contouren weer van het inrichtingsplan inclusief deze maatregelen.



Figuur 2.4: Uitwerking variant 1

Naast de extra aanvulling is overal ter plaatse van de noordoever gekozen voor een ander principeprofiel waarbij gestreefd is naar een brede oeverzone rondom de gemiddelde waterlijn. Dit heeft geresulteerd in een oever waarbij zones ontstaan met zeer flauwe taluds over een hoogte van NAP +8,00 m tot NAP +9,65 m (zeer ondiep water) en over een hoogte van NAP +9,65 m tot aan het oorspronkelijk maaiveld (en de teen van de kade). Figuur 2.5 geeft het profiel weer.

Het plaatselijk verdiepen van de strang en vrijkomende specie inzetten in zones langs de noordoever is niet mogelijk. Aanvoer van externe specie ten behoeve van verondieping van oevers wordt in dit stadium niet mogelijk geacht.



**Figuur 2.5: Profiel variant 1 (arcering betreft herinrichtingspecie)**

## Variant 2

Deze inrichtingsvariant ziet toe op de noordoostlob van het projectgebied, zie onderstaand rood omkaderd gebied (figuur 2.6). De noordoostlob beslaat circa 25 hectare landbouwgrond die tijdelijk wordt ontgrond en weer opgevuld tot een gemiddelde hoogte van NAP +8,50 m. De bulk van de opvulling vindt plaats met fijne zanden die niet vermarkt kunnen worden, het restant met klei (ca 65.000 m<sup>3</sup>). De nieuwe op te leveren bodem zal bestaan uit een mix van klei en fijn zand.



**Figuur 2.6: Situering noordoostlob**

Met de bodemhoogte wordt plaatselijk gevarieerd om een afwisselend landschap te creëren met open stukken en stukken ooibos. Om extra kweltoename binnendijs te vermijden en de voorkeur voor zachthoutooibos is ervoor gekozen om het gebied een lage dynamiek te geven. Dit sluit aan bij de omliggende kleiputcomplexen.

Langs de Geitenwaardsedam worden enkele poelen aangelegd t.b.v. de kamsalamander, bittervoorn, kleine modderkruiper en rugstreeppad. Langs de randen van het gebied worden schrale graslanden gerealiseerd als overgang naar kades en dijken.

### **Variant 3**

Variant 3 ziet toe op de mogelijkheid tot een bovenafsluiting bij hogere waterstanden en de betekenis van een wijziging van de locatie van de overlaat.

Gebleken is dat alleen een overlaatconstructie rivierkundig onacceptabele effecten veroorzaakt ten aanzien van opstuwing in de as van de rivier. Een duiker die afsluitbaar is, geeft dit effect niet. Gekozen wordt voor een afsluitbare duiker.

Een verplaatsing van de overlaat geeft hetzelfde opstuwende effect op een andere locatie. De overlaat/duiker wordt op de huidige locatie gehandhaafd. De kades ter bescherming van woningen, fabrieken en particuliere terreinen worden op minimaal dezelfde hoogte worden aangelegd als de laagste hoogte in de Geitenwaardsedam, dus NAP + 14,50 m. De hoogte van de kades rondom de Lobberdenseweg en bestaande natuurgebieden is gesteld op NAP +14,30 m. Rekening houdend met een drooglegging van 0.75 meter zou bij waterstanden tot NAP + 11,15 m de Lobberdenseweg gebruikt kunnen blijven worden zonder schade te veroorzaken. Nieuwe kades zijn hierdoor feitelijk niet nodig. Een afsluitbare duiker zal worden toegepast met een drempel op NAP + 9,65 m en een afsluiter op NAP +11,15 m.

### **Varianten 4A en 4B**

Deze varianten gaan in op de werkwijze van de uitvoering van het project en hebben betrekking op drie aspecten: de locatie, de verblijftijd van klasseerinstallaties en ander materieel. Tevens is in deze varianten nagegaan op welke wijze een terugtrekkende beweging gemaakt kan worden met materieel en uitvoering, zodat in een beperkt deel van het gebied wordt gewerkt en een ander deel al gereed is ten behoeve van de ontwikkeling van natuurwaarden. Overlast en hinder voor de omgeving spelen hierbij een belangrijke rol.

Varianten 4A en 4B gaan uit van het isoleren van een deel van het projectgebied (alleen oost of geheel) ten opzichte van de rivier.

Variant 4A gaat uit van:

- de Lobberdense Weg wordt niet doorsneden, er is geen brug noodzakelijk, west wordt omkaad;
- alleen de westplas is per schip bereikbaar, specie uit de oostplas wordt overgespoten naar west;
- in west bevindt zich een drijvende installatie én een landinstallatie;
- invaart in West blijft mogelijk;
- om grondwatereffecten naar het binnendijkse gebied te verminderen wordt het geïsoleerde oostelijk deel kunstmatig op peil gehouden, minimaal NAP +9,00 m. Hetzelfde geldt voor een aantal oude plassen ten noorden van het plangebied. Ook hier wordt een peil gehandhaafd van minimaal NAP +9,00 m;
- bestaande poel en bosje maakt plaats voor uitbreiding hoogwatervrij terrein;

- opvullen (noordoostelijk) deel bestaande zandwinplas in aanlegfase met klei.

Variant 4B gaat uit van:

- alleen de laad-/loslocatie is per schip bereikbaar, alle specie wordt overgespoten;
- de drijvende installatie én landinstallatie bevinden zich nabij de laad-/loslocatie;
- de invaart wordt verplaatst en hoogwatervrij terrein uitgebreid;
- bestaande pool en bosje maakt plaats voor uitbreiding hoogwatervrij terrein/invaart.

## 2.6 Door te rekenen varianten en hydrologische situaties

In tabel 2.2 zijn alle mogelijke combinaties van hydrologische situatie, fase en plan/variant weergegeven. De met een ● weergegeven situaties zorgen mogelijk voor afwijkende grondwatereffecten en zijn doorgerekend met het grondwatermodel. De met een x aangeduide situaties leiden hoogstwaarschijnlijk niet tot afwijkende veranderingen in het grondwaterregime en zijn daarom niet doorgerekend. De verschillende hydrologische situaties zijn toegelicht in paragraaf 2.3. Het plan en de varianten zijn toegelicht in paragraaf 2.4 en 2.5.

Tabel 2.2: Overzicht plan, varianten en situaties

|                         |                        | Laagwater | Gemiddelde<br>situatie | Midden-Hoogwater<br>situatie (T=1) | Hoogwatersituatie<br>(T=10) |
|-------------------------|------------------------|-----------|------------------------|------------------------------------|-----------------------------|
| <b>Huidige situatie</b> |                        | ●         | ●                      | ●                                  | ●                           |
| <b>Plan</b>             | <b>Uitvoeringsfase</b> | ●         | ●                      | ●                                  | x                           |
|                         | <b>Eindfase</b>        | ●         | ●                      | ●                                  | ●                           |
| <b>Variant 1</b>        | <b>Uitvoeringsfase</b> | x         | x                      | x                                  | x                           |
|                         | <b>Eindfase</b>        | x         | x                      | x                                  | x                           |
| <b>Variant 2</b>        | <b>Uitvoeringsfase</b> | x         | x                      | x                                  | x                           |
|                         | <b>Eindfase</b>        | x         | x                      | x                                  | x                           |
| <b>Variant 3</b>        | <b>Uitvoeringsfase</b> | x         | x                      | x                                  | x                           |
|                         | <b>Eindfase</b>        | x         | x                      | ●                                  | x                           |
| <b>Variant 4A</b>       | <b>Uitvoeringsfase</b> | ●         | x                      | x                                  | x                           |
|                         | <b>Eindfase</b>        | x         | x                      | x                                  | x                           |
| <b>Variant 4B</b>       | <b>Uitvoeringsfase</b> | ●         | x                      | x                                  | x                           |
|                         | <b>Eindfase</b>        | x         | x                      | x                                  | x                           |

Variant 1 heeft alleen betrekking op het talud en de helling van de noordelijke oever van de plas. Omdat de oppervlakte en het peil van de plas gelijk blijft aan het plan, levert deze variant geen verschillen op in het grondwaterregime ten opzichte van het plan. Om deze reden is deze variant niet doorgerekend met het grondwatermodel.

Variant 2 heeft alleen betrekking op het reliëf en de maaiveldhoogte van de op te vullen noordoostlob van de plas. Deze variant levert geen significante verschillen op in het grondwaterregime ten opzichte van het plan en is om die reden niet doorgerekend met het grondwatermodel.

Variant 3 zorgt alleen voor verschillen ten opzichte van het inrichtingsplan in de eindsituatie bij midden-hoogwater. Daarom is alleen de midden-hoogwater situatie doorgerekend. De uitvoeringsfase wijkt niet af van het plan.

Varianten 4A en 4B zorgen alleen in de uitvoeringsfase, tijdens laagwater, voor verschillen ten opzichte van het plan in de uitvoeringsfase. Voor de overige situaties is er geen verschil.

### 3 REFERENTIE SITUATIE

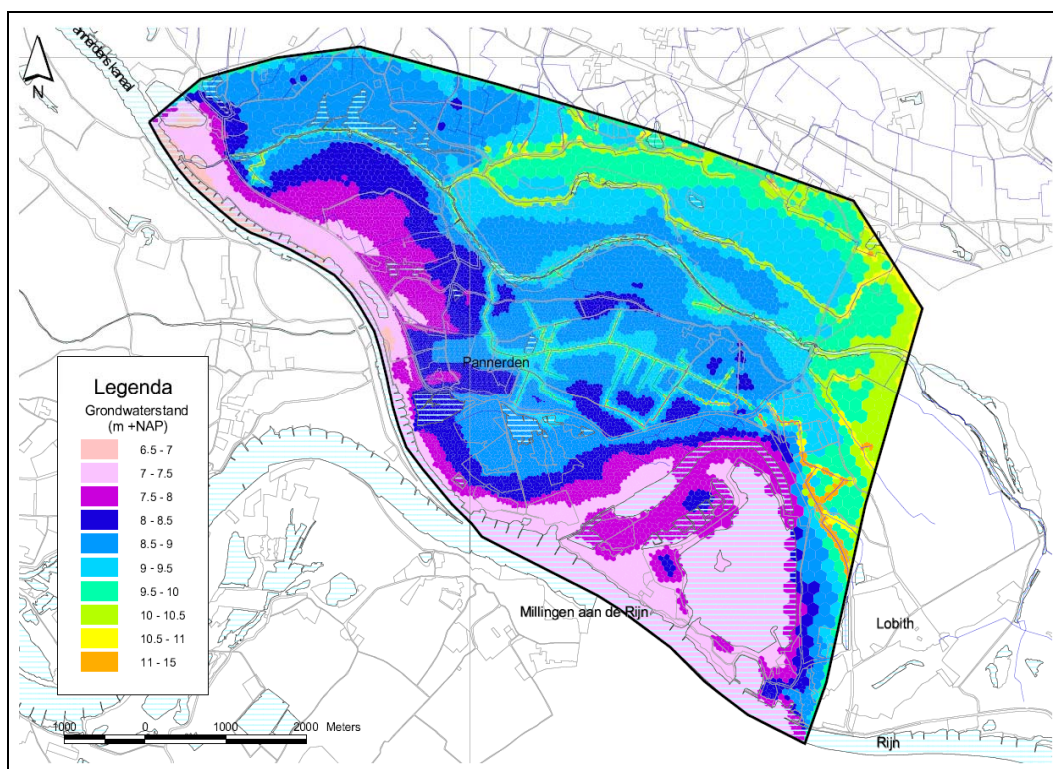
#### 3.1 Autonome ontwikkelingen

Op 1 maart 2007 heeft het bestuur van het waterschap Rijn en IJssel het nieuwe peilbesluit voor de Rijnstrangen vastgesteld. Dit nieuwe peilbesluit voorziet in een verhoging van het minimumpeil van de Oude Rijn van NAP +9,75 naar NAP +10,00 m. De peilverhoging is nog niet gerealiseerd; het waterschap is momenteel bezig met het afhandelen van eventuele vernattingschade met de grondeigenaren.

In de effectberekeningen is rekening gehouden met het nieuwe peilbesluit. Zowel in de referentiesituatie, de uitvoeringsfase als de eindfase is gerekend met het nieuwe minimumpeil van NAP +10,0 m.

#### 3.2 Laagwatersituatie

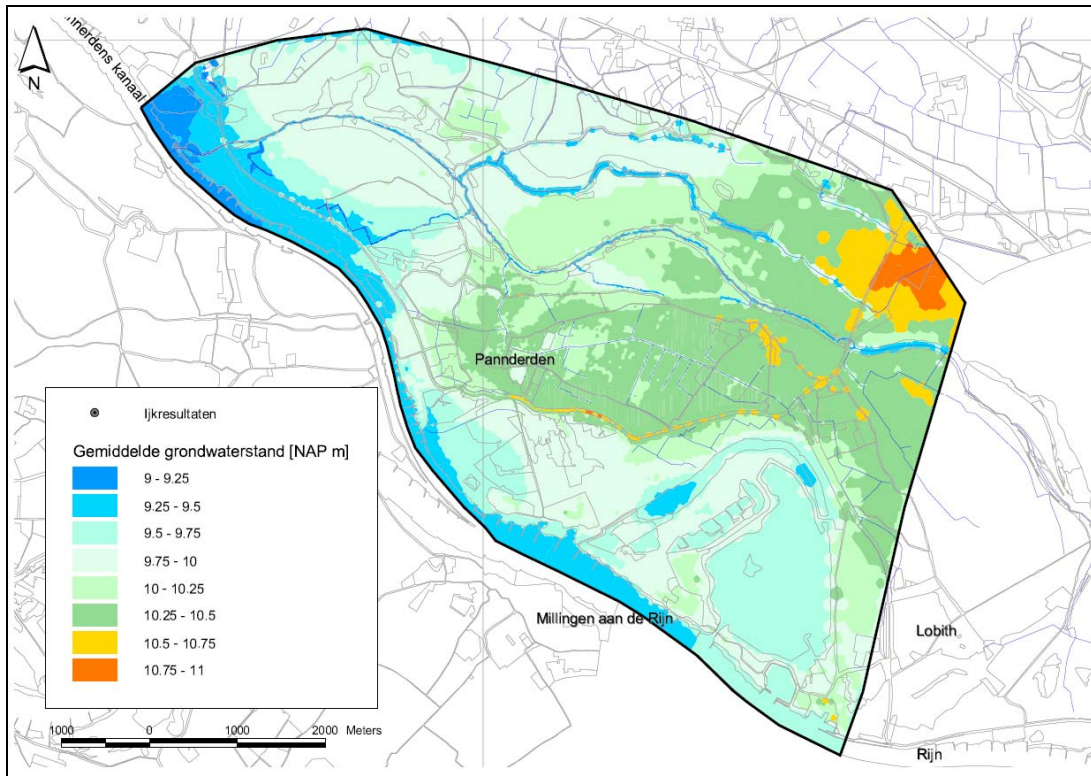
De berekende grondwaterstand tijdens een laagwatersituatie is weergegeven in figuur 3.1. Uit de figuur blijkt dat tijdens deze situatie de Rijn en de aangetakte plassen een drainerende werking hebben. Immers de grondwaterstanden in het binnendijkse gebied liggen tussen de NAP + 8,50 en 10,00 m, terwijl de rivierstanden en de grondwaterstanden in de uiterwaarden weg zakken tot ongeveer NAP +6,5 à 7,0 m.



**Figuur 3.1: Berekende grondwaterstanden in de referentiesituatie, laagwatersituatie**

### 3.3 Hydrologisch gemiddelde situatie

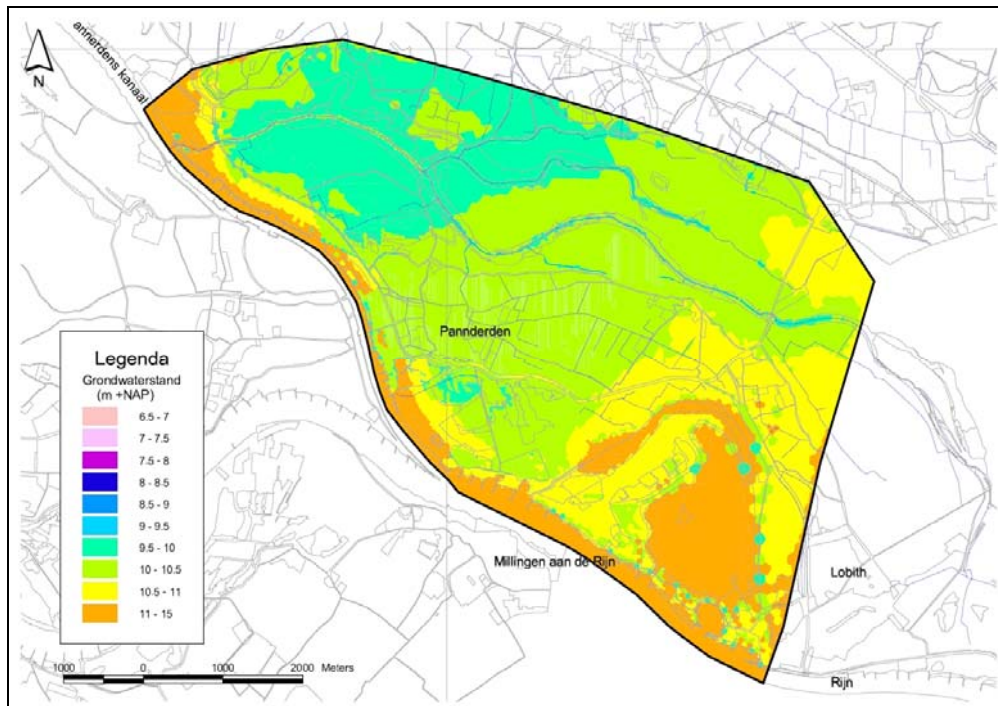
In de gemiddelde situatie liggen de grondwaterstanden in het binnendijkse gebied tussen de NAP +9,50 en 11,00 m (zie figuur 3.2). De rivierstanden en de grondwaterstanden in de uiterwaarden bedragen circa NAP +9,00 m. In de gemiddelde situatie hebben de Rijn en de aangetakte plassen een drainerende werking op het binnendijkse gebied. In het binnendijkse gebied is dus sprake van wegzijging.



Figuur 3.2: Berekende grondwaterstanden in de referentiesituatie, gemiddelde situatie

### 3.4 Midden-hoogwatersituatie (T = 1)

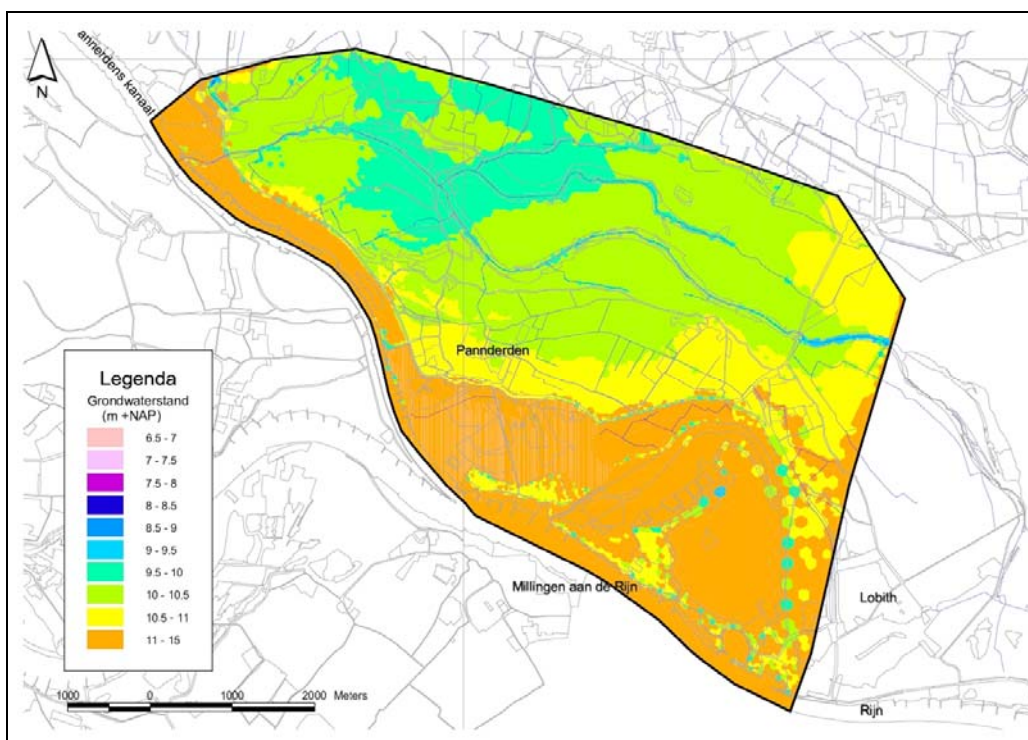
Bij een T = 1 hoogwatersituatie is het beeld juist omgekeerd: in deze situatie liggen de peilen in de rivier en de uiterwaarden hoger dan de grondwaterstanden binnendijs en hebben de rivier en aangetakte plassen een infiltrerende werking. Het binnendijkse gebied staat onder invloed van kwel vanuit de rivier. De Lobberdense Waard is bij deze situatie net niet onder gelopen.



**Figuur 3.3: Berekende grondwaterstanden in de referentiesituatie, T=1 hoogwatersituatie**

### 3.5 Hoogwatersituatie (T = 10)

Bij een T = 10 hoogwatersituatie wordt het beeld van de T = 1 hoogwatersituatie nog eens versterkt: in deze situatie liggen de peilen in de rivier en de uiterwaarden aanzienlijk hoger dan de grondwaterstanden binnendijks en hebben de rivier en aangetakte plassen een infiltrerende werking. Het binnendijkse gebied staat onder invloed van kwel vanuit de rivier. De Lobberdense Waard staat in deze situatie volledig onder water.

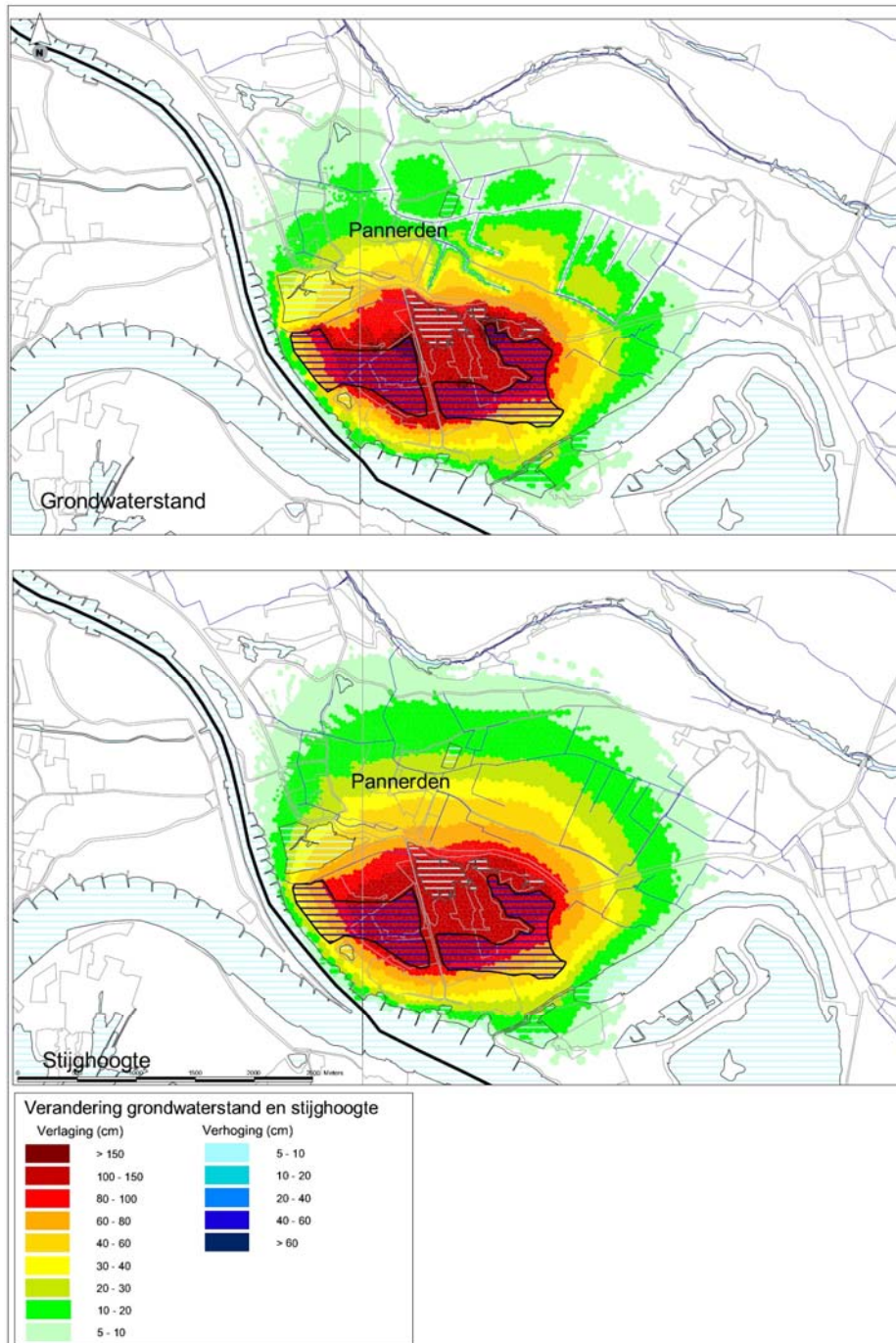


**Figuur 3.4: Berekende grondwaterstanden in de referentiesituatie, T=10 hoogwatersituatie**

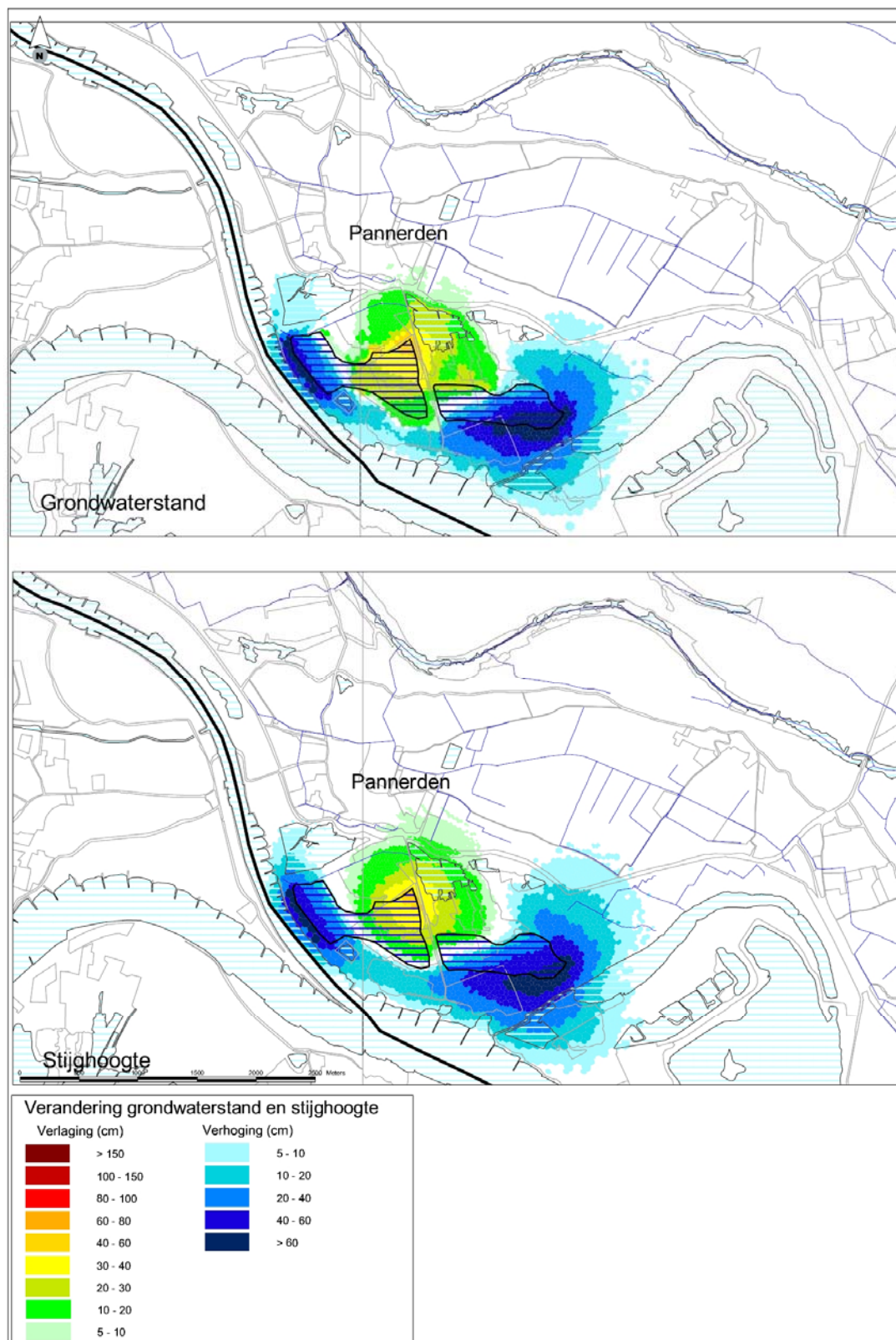
## 4 BESCHRIJVING EFFECTEN PLAN

### 4.1 Laagwatersituatie

De berekende grondwatereffecten in de laagwatersituatie zijn weergegeven in figuren 4.1 (uitvoeringsfase) en 4.2 (eindfase).



**Figuur 4.1: Grondwatereffecten inrichtingsplan in laagwatersituatie, uitvoeringsfase**

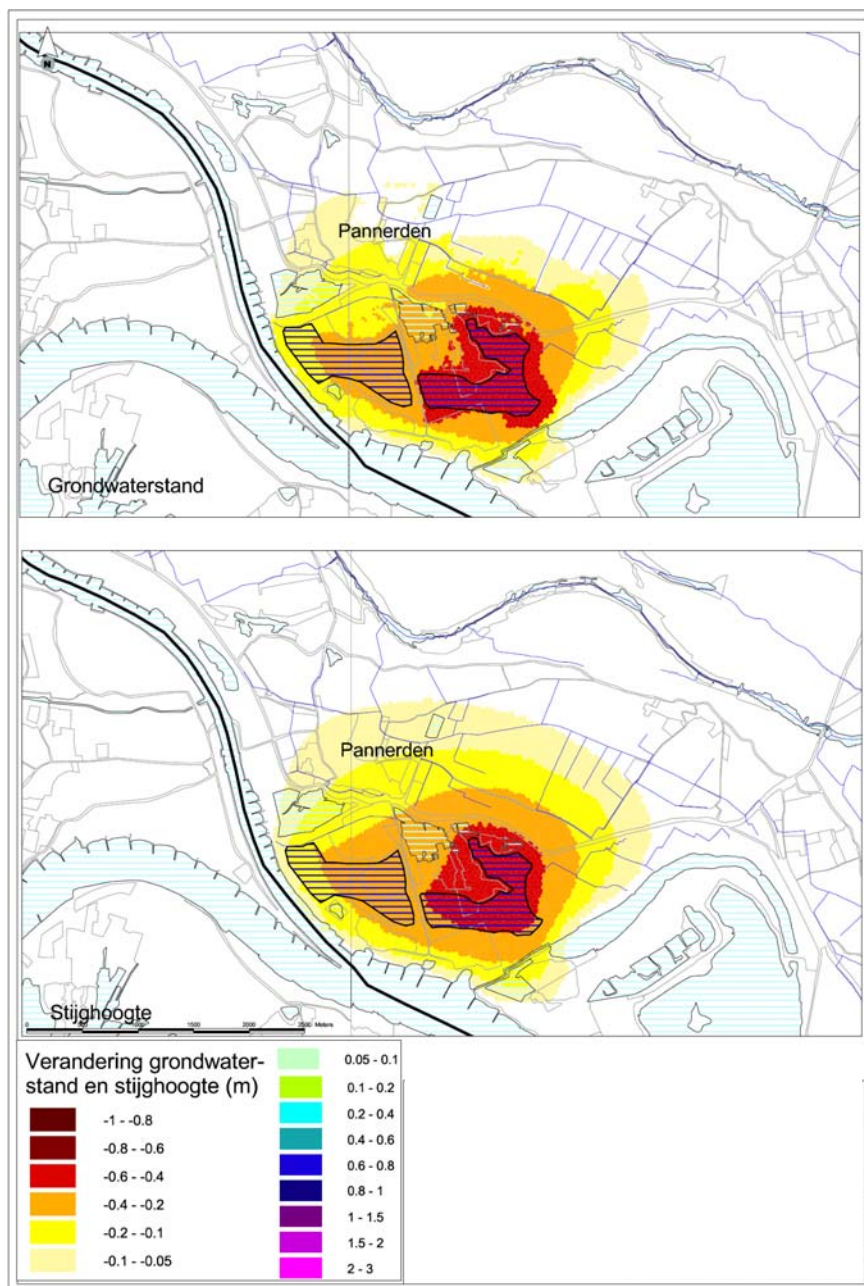


**Figuur 4.2: Grondwatereffecten inrichtingsplan in laagwatersituatie, eindfase**

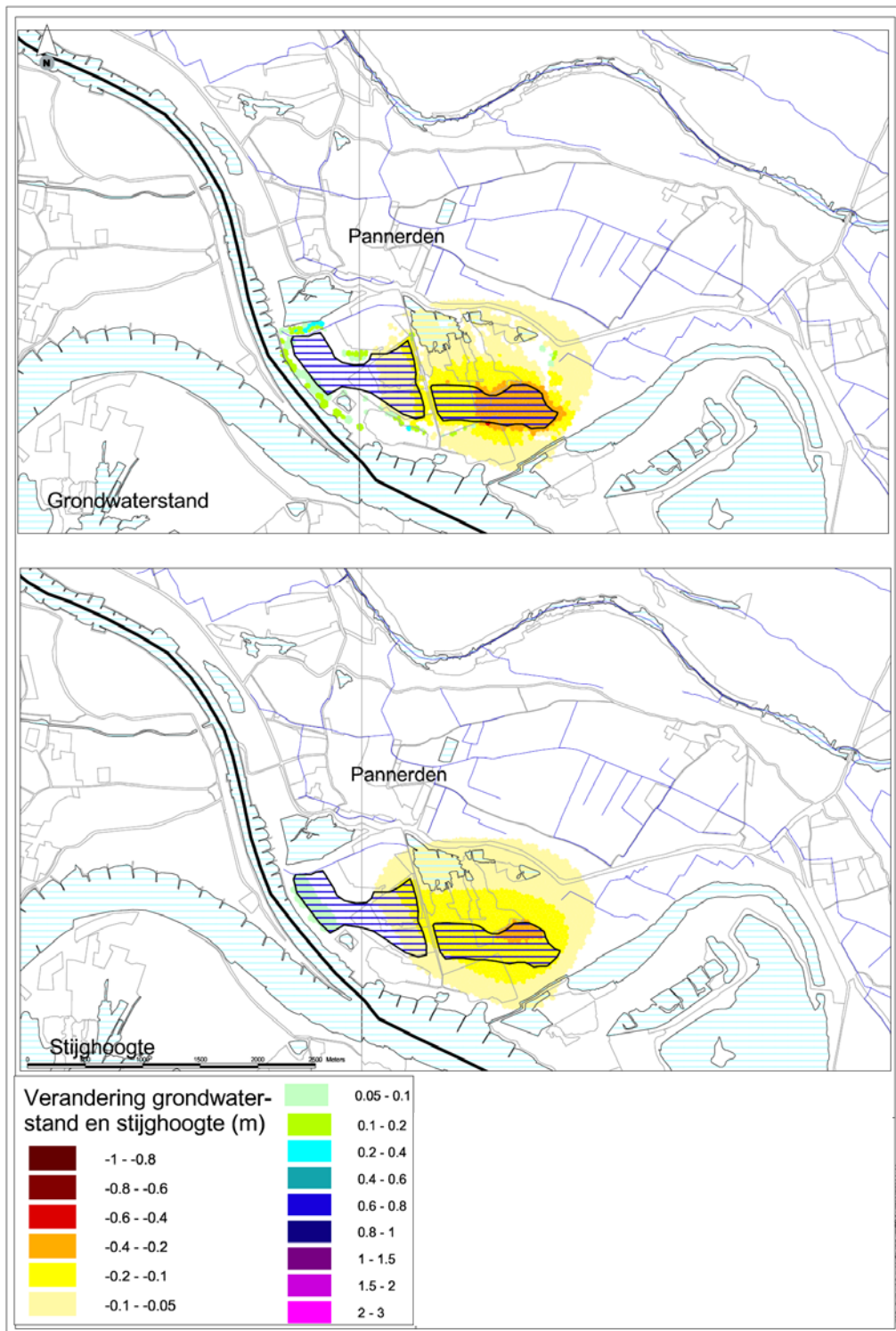
In de uitvoeringsfase zijn aanzienlijke verlagingen te verwachten: circa 40 à 60 cm verlaging in de bebouwde omgeving van Pannerden. Verlagingen van meer dan 5 cm reiken net tot aan het Natura2000-gebied rondom de Oude Rijn. De effecten in de eindsituatie zijn aanzienlijk geringer; in het binnendijkse gebied zijn nauwelijks grondwaterstandsverlagingen te verwachten.

## 4.2 Hydrologisch gemiddelde situatie

De berekende grondwatereffecten in de gemiddelde situatie zijn weergegeven in figuren 4.3 (uitvoeringsfase) en 4.4 (eindfase).



**Figuur 4.3: Grondwatereffecten inrichtingsplan in de gemiddelde situatie, uitvoeringsfase**



**Figuur 4.4: Grondwatereffecten inrichtingsplan in de gemiddelde situatie, eindfase**

In de uitvoeringsfase zijn verlagingen te verwachten van maximaal 40 à 60 cm in de directe omgeving van de Lobberdense Waard. Binnen de bebouwde omgeving van Pannerden zijn verlagingen te verwachten van 10 à 20 cm. Verlagingen in natte, grondwaterstandsafhankelijke natuurgebieden zijn niet te verwachten.

In de eindfase zijn de verlagingen aanzienlijk minder, tot maximaal ca. 20 cm binnen de Lobberdense Waard. Binnendijs zijn nauwelijks grondwaterstandsverlagingen te verwachten.

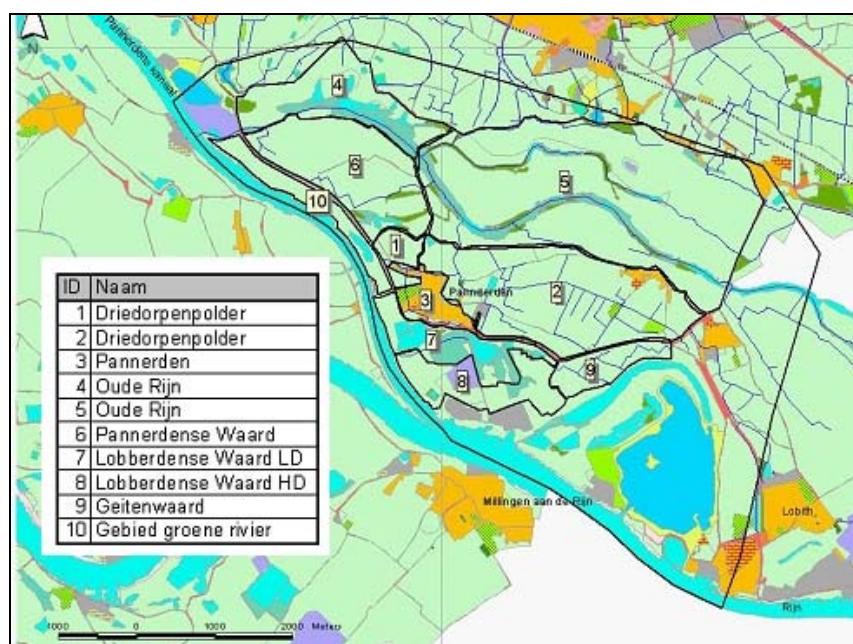
In tabellen 4.1 en 4.2 zijn de consequenties weergegeven voor de waterbalans van het gebied. Tabel 4.1 geeft de waterbalans in absolute getallen weer, tabel 4.2 geeft de veranderingen weer in kwel of wegzijging ten opzichte van de referentiesituatie. Positieve waarden (gele achtergrond) in tabel 4.1 staan voor wegzijging en negatieve waarden (blauwe achtergrond) staan voor kwel.

**Tabel 4.1: Waterbalans Lobberdense Waard en omgeving, gemiddelde situatie (waarden in m<sup>3</sup>/d)**

| Kwel en infiltratie tijdens gemiddelde situatie |                  |           |                   |           |                      |                      |
|-------------------------------------------------|------------------|-----------|-------------------|-----------|----------------------|----------------------|
| Gebied                                          | Driedorpenpolder | Pannerden | Pannerdense Waard | Oude Rijn | Lobberdense Waard HD | Lobberdense Waard LD |
| Huidig                                          | 2339.1           | 480.9     | 1594.6            | 3319.7    | 395.1                | 84.5                 |
| Gebruik                                         | 2655.7           | 481.3     | 1594.8            | 3357.0    | -1744.5              | 353.7                |
| Eind                                            | 2391.9           | 481.0     | 1593.7            | 3325.0    | 157.9                | 177.5                |

**Tabel 4.2: Veranderingen in de waterbalans Lobberdense Waard en omgeving t.o.v. referentiesituatie, gemiddelde situatie (waarden in m<sup>3</sup>/d)**

| Verandering tov huidige situatie |                  |           |                   |           |                      |                      |             |                   |
|----------------------------------|------------------|-----------|-------------------|-----------|----------------------|----------------------|-------------|-------------------|
| Gebied                           | Driedorpenpolder | Pannerden | Pannerdense Waard | Oude Rijn | Lobberdense Waard HD | Lobberdense Waard LD | Geitenwaard | Groene riv gebied |
| Huidig                           | 0.0              | 0.0       | 0.0               | 0.0       | 0.0                  | 0.0                  | 0.0         | 0.0               |
| Gebruik                          | 316.7            | 0.4       | 0.2               | 37.3      | -2139.6              | 269.3                | -10.5       | 1.1               |
| Eind                             | 52.9             | 0.1       | -0.9              | 5.3       | -237.2               | 93.1                 | 7.1         | 0.0               |

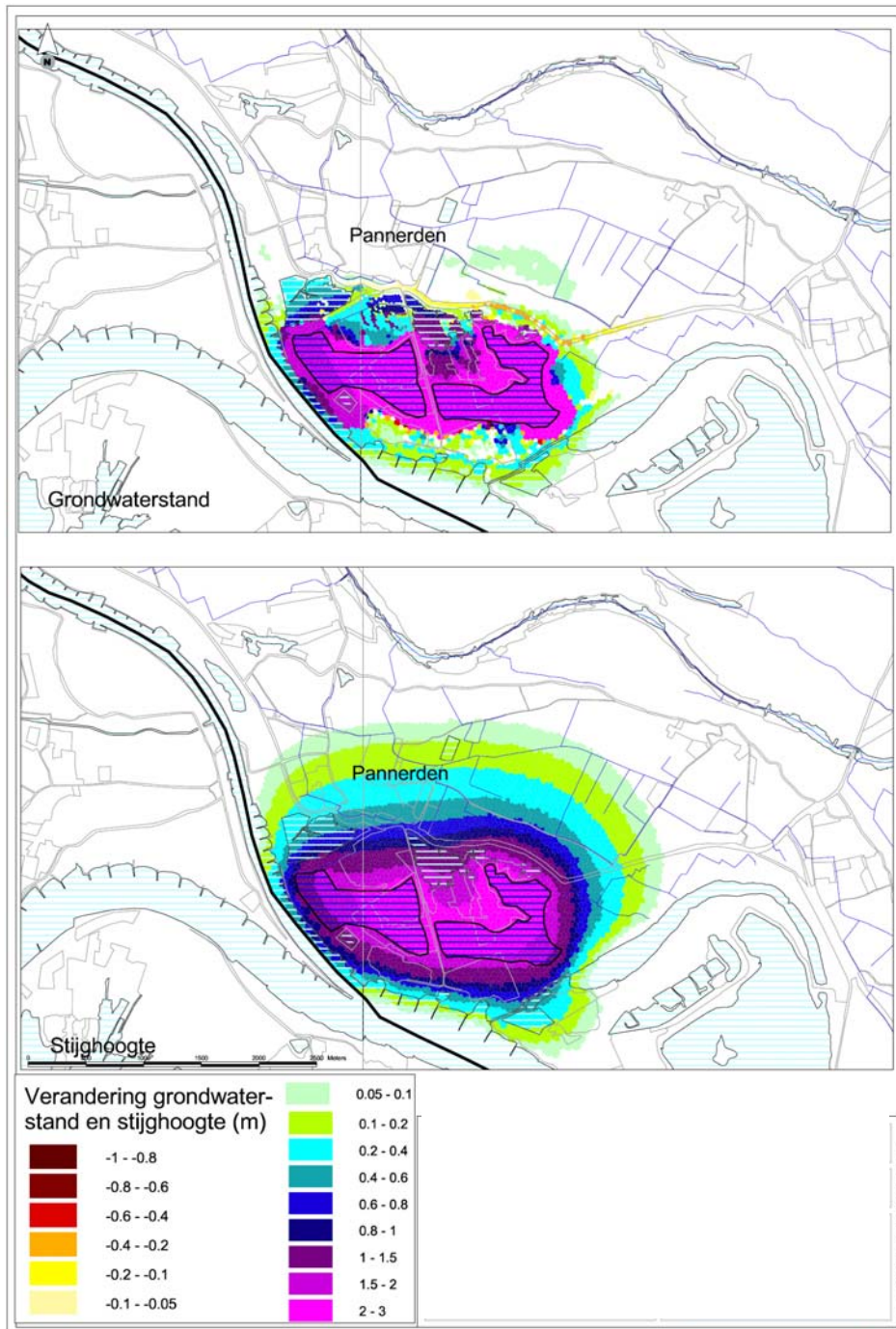


**Figuur 4.5: Deelgebieden omgeving Lobberdense Waard**

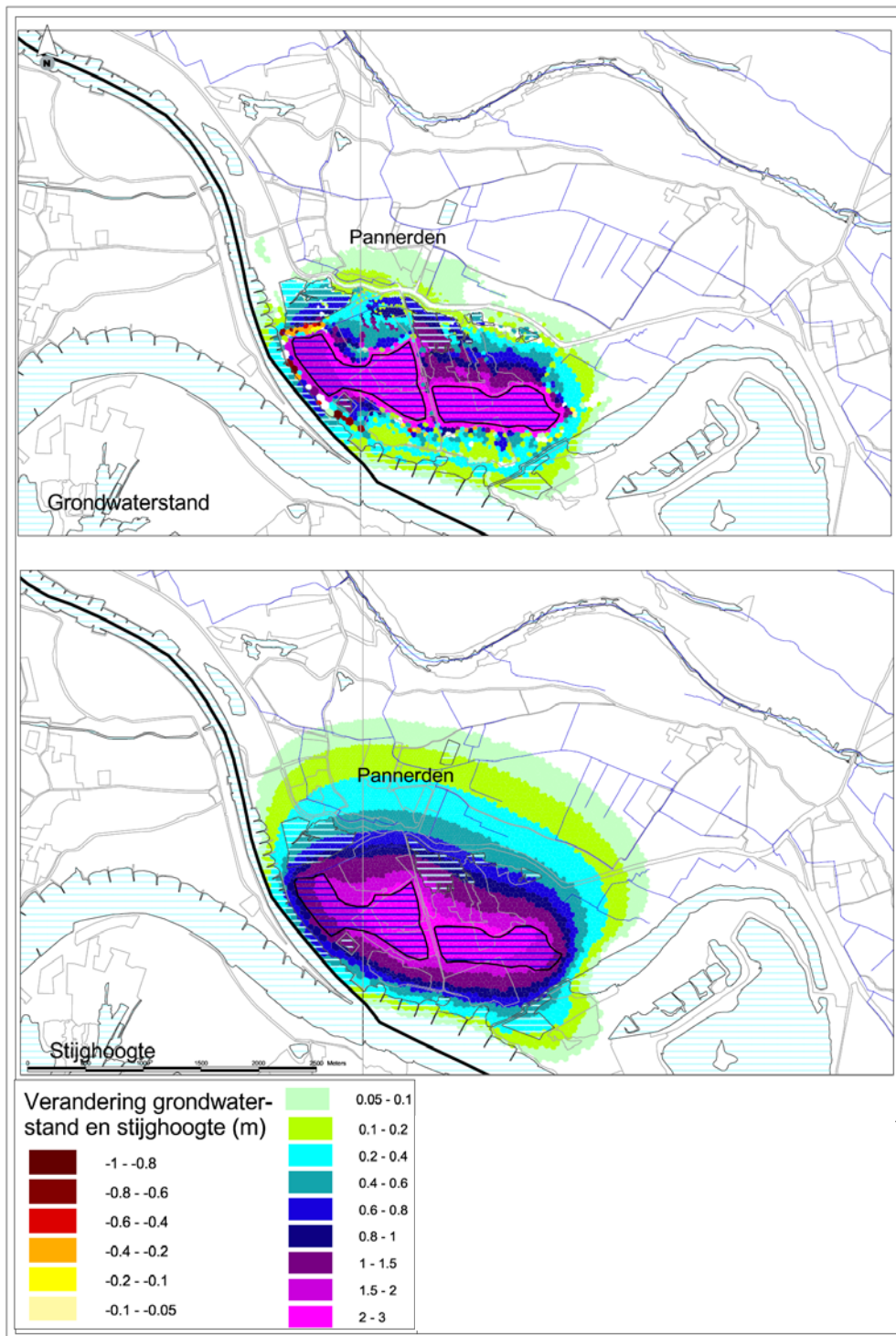
Figuur 4.5 geeft de deelgebieden weer die in de tabellen 4.1 en 4.2 zijn onderscheiden.

### 4.3 Middenhoogwatersituatie (T=1)

De berekende grondwatereffecten in de T=1 hoogwatersituatie zijn weergegeven in figuren 4.6 (uitvoeringsfase) en 4.7 (eindfase).



Figuur 4.6: Grondwatereffecten inrichtingsplan in de T=1 hoogwatersituatie, uitvoeringsfase



**Figuur 4.7: Grondwatereffecten inrichtingsplan in de T=1 hoogwatersituatie, eindfase**

In de hoogwatersituatie T=1 zijn in de uitvoeringsfase in het buitendijkse gebied aanzienlijke peilverhogingen te verwachten. Deze peilverhogingen werken door in de stijghoogten in het binnendijkse gebied. De grondwaterstanden binnendijks worden nauwelijks beïnvloed.

De effecten blijven beperkt tot een toename van kwel binnendijs. Door de beperkte duur van het hoogwater werken de stijghoogteverhogingen nauwelijks door in de grondwaterstanden.

De effecten in de eindfase komen sterk overeen met die in de uitvoeringsfase.

In tabellen 4.3 en 4.4 zijn de consequenties weergegeven voor de waterbalans van het gebied. Tabel 4.3 geeft de waterbalans in absolute getallen weer, tabel 4.4 geeft de veranderingen weer in kwel of wegzijging ten opzichte van de referentiesituatie.

**Tabel 4.3: Waterbalans Lobberdense Waard en omgeving (T=1 hoogwatersituatie)**

| Kwel en infiltratie tijdens T=1 hoog water situatie |                  |           |                   |           |                      |                      |
|-----------------------------------------------------|------------------|-----------|-------------------|-----------|----------------------|----------------------|
| Gebied<br>Fase                                      | Driedorpenpolder | Pannerden | Pannerdense Waard | Oude Rijn | Lobberdense Waard HD | Lobberdense Waard LD |
| Huidig                                              | -1982.5          | -397.5    | -4360.2           | -2885.5   | -4854.8              | -3093.9              |
| Gebruik                                             | -9662.1          | -2298.0   | -8142.7           | -5763.9   | 2048.4               | 5786.6               |
| Eind                                                | -4134.1          | -874.9    | -4384.6           | -2988.8   | 9625.1               | -5788.8              |

**Tabel 4.4: Veranderingen in de waterbalans Lobberdense Waard en omgeving t.o.v. referentiesituatie, T=1 hoogwatersituatie**

| Verandering tov huidige situatie bij T=1 hoog water |                  |           |                   |           |                      |                      |             |                   |
|-----------------------------------------------------|------------------|-----------|-------------------|-----------|----------------------|----------------------|-------------|-------------------|
| Gebied<br>Fase                                      | Driedorpenpolder | Pannerden | Pannerdense Waard | Oude Rijn | Lobberdense Waard HD | Lobberdense Waard LD | Geitenwaard | Groene riv gebied |
| Huidig                                              | 0.0              | 0.0       | 0.0               | 0.0       | 0.0                  | 0.0                  | 0.0         | 0.0               |
| Gebruik                                             | -7679.6          | -1900.5   | -3782.5           | -2878.3   | 6903.2               | 8880.5               | 3948.6      | 11405.2           |
| Eind                                                | -2151.5          | -477.3    | -24.4             | -103.3    | 14479.8              | -2694.9              | -645.4      | 36.4              |

#### 4.4 Hoogwatersituatie (T=10)

De grondwatereffecten in de T=10 hoogwatersituatie zijn alleen berekend voor de eindfase en weergegeven in figuur 4.8.

De berekende veranderingen zijn betrekkelijk gering, zeker in vergelijking tot de T=1 hoogwatersituatie. Dit komt omdat, in tegenstelling tot de T=1 hoogwatersituatie, de geïnundeerde oppervlakte in de T=10 hoogwatersituatie niet verandert ten opzichte van de referentiesituatie. De peilen en grondwaterstanden veranderen praktisch niet, de stijghoogte in het eerste watervoerende pakket wordt door de grotere oppervlakte van de plas iets hoger dan in de referentiesituatie.

In tabellen 4.5 en 4.6 zijn de consequenties weergegeven voor de waterbalans van het gebied. Tabel 4.5 geeft de waterbalans in absolute getallen weer, tabel 4.6 geeft de veranderingen weer in kwel of wegzijging ten opzichte van de referentiesituatie.

**Tabel 4.5: Waterbalans Lobberdense Waard en omgeving, T=10 hoogwater**

| Kwel en infiltratie tijdens T=10 hoog water situatie |                  |           |                   |           |                      |                      |
|------------------------------------------------------|------------------|-----------|-------------------|-----------|----------------------|----------------------|
| Gebied<br>Fase                                       | Driedorpenpolder | Pannerden | Pannerdense Waard | Oude Rijn | Lobberdense Waard HD | Lobberdense Waard LD |
| Huidig                                               | -2016.4          | -406.2    | -4360.0           | -2886.1   | -6032.1              | -3340.5              |
| Eind                                                 | -9704.3          | -2305.4   | -8143.1           | -5761.9   | 2642.7               | 5553.9               |

**Tabel 4.6: Veranderingen in de waterbalans Lobberdense Waard en omgeving t.o.v. referentiesituatie, T=10 hoogwatersituatie**

| Verandering tov huidige situatie bij T=10 hoog water |                  |           |                   |           |                      |                      |             |                   |
|------------------------------------------------------|------------------|-----------|-------------------|-----------|----------------------|----------------------|-------------|-------------------|
| Gebied                                               | Driedorpenpolder | Pannerden | Pannerdense Waard | Oude Rijn | Lobberdense Waard HD | Lobberdense Waard LD | Geitenwaard | Groene riv gebied |
| Huidig                                               | 0.0              | 0.0       | 0.0               | 0.0       | 0.0                  | 0.0                  | 0.0         | 0.0               |
| Eind                                                 | -7687.9          | -1899.1   | -3783.1           | -2875.8   | 8674.8               | 8894.4               | 3874.9      | 11404.9           |



**Figuur 4.8: Grondwatereffecten inrichtingsplan in de T=10 hoogwatersituatie, eindfase**

#### 4.5 Wisselwerking plan Lobberden met peilopzet Oude Rijn

Op 1 maart 2007 heeft het bestuur van het waterschap Rijn en IJssel het nieuwe peilbesluit voor de Rijnstrangen vastgesteld. Dit nieuwe peilbesluit voorziet in een verhoging van het minimumpeil van de Oude Rijn van NAP +9,75 naar 10,00 m. De peilverhoging is nog niet gerealiseerd; het waterschap is momenteel bezig met het afhandelen van eventuele vernattingschade met de grondeigenaren.

In de effectberekeningen is rekening gehouden met het nieuwe peilbesluit. Zowel in de referentiesituatie, de uitvoeringsfase als de eindfase is gerekend met het nieuwe minimumpeil van NAP +10,0 m. De berekende en gepresenteerde grondwatereffecten (grondwaterstandsstijgingen en –dalingen en veranderingen in kwel) zijn dus niet beïnvloed door de geplande peilopzet.

Wel kunnen door de peilopzet de effecten ten opzichte van de huidige situatie iets anders zijn. Ten opzichte van de huidige situatie zullen de grondwaterstandsverlagingen bij laagwater en in de gemiddelde situatie tijdens de uitvoeringsfase geringer zijn, zeker in de directe omgeving van de Oude Rijn. De grondwaterstandsstijging en kweltoename in geval van de T=1 hoogwatersituatie wordt door de geplande peilopzet niet beïnvloed. De beïnvloedingsgebieden van de peilopzet in de Oude Rijn en de vernattingseffecten als gevolg van het plan bij een T=1 hoogwater overlappen namelijk niet.

#### 4.6 Samenvatting hydrologische en afgeleide effecten plan

In onderstaande tabel 4.7 zijn de hydrologische effecten en de aan hydrologie gerelateerde effecten van het plan op landbouw en bebouwing samengevat. De effecten op natuur zijn apart gerapporteerd in het Achtergrondrapport Natuur.

In de tabel zijn alleen grondwatereffecten opgenomen in het binnendijkse gebied. Buitendijks zijn de effecten op grondwaterstanden nog groter, maar omdat de grondwaterdynamiek hier veel groter is dan in het binnendijkse gebied, zijn deze effecten minder relevant.

**Tabel 4.7: Hydrologische effecten plan**

|                        |                  | <b>Effecten (binnendijs)</b>                                                                          |                                                                                                |
|------------------------|------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                        |                  | <b>Uitvoeringsfase</b>                                                                                | <b>Eindfase</b>                                                                                |
| Laagwater              | Grondwaterregime | Verlaging grondwaterstand 0 tot 80 cm in Pannerden en groot deel Driedorpenpolder                     | Verlaging grondwaterstand 0 tot 10 cm in beperkt gebied.                                       |
|                        | Landbouw         | Langs de zuidrand van de Driedorpenpolder sterk verdrogend effect                                     | Langs de zuidrand van de Driedorpenpolder beperkt verdrogend effect                            |
|                        | Bebouwing        | Kans op zetting door verlaagde grondwaterstand                                                        | Beperkte kans op zetting door verlaagde grondwaterstand                                        |
| Gemiddelde situatie    | Grondwaterregime | Verlaging grondwaterstand 0 tot 20 cm in Pannerden en 0 tot 35 cm in zuidelijke deel Driedorpenpolder | Verandering grondwaterstand hydrologisch niet significant.                                     |
|                        | Landbouw         | Langs de zuidrand van de Driedorpenpolder beperkt verdrogend effect                                   | Langs de zuidrand van de Driedorpenpolder beperkt verdrogend effect                            |
|                        | Bebouwing        | Geen effect                                                                                           | Geen effect                                                                                    |
| Midden-hoogwater (T=1) | Grondwaterregime | Verhoging grondwaterstand 0 tot 10 cm. Forse toename kwel in Pannerden en de Driedorpenpolder         | Verhoging grondwaterstand 0 tot 10 cm. Forse toename kwel in Pannerden en de Driedorpenpolder. |
|                        | Landbouw         | Geen effect                                                                                           | Geen effect                                                                                    |
|                        | Bebouwing        | Verhoogde grondwaterstand en extra kwel kunnen leiden tot overlast                                    | Verhoogde grondwaterstand en extra kwel kunnen leiden tot overlast                             |
| Hoogwater (T=10)       | Grondwaterregime | Verandering grondwaterstand en kwel hydrologisch niet significant.                                    | Verandering grondwaterstand en kwel hydrologisch niet significant.                             |
|                        | Landbouw         | Geen effect                                                                                           | Geen effect                                                                                    |
|                        | Bebouwing        | Geen effect                                                                                           | Geen effect                                                                                    |

De belangrijkste grondwatereffecten als gevolg van het plan zijn:

- Toename van kwel binnendijs in geval van een T=1 hoogwater, zowel in de uitvoeringsfase als de eindfase. Dit komt omdat de Lobberdense Waard in de huidige situatie net niet inundeert en in de uitvoerings- en eindfase net wel. Hoewel mogelijk sprake zal zijn van een toename van kweloverlast in bebouwd gebied, blijft deze minder dan in een T=10 situatie.
- Grondwaterstandsverlagingen tot maximaal 80 cm in het binnendijs gebied tijdens de uitvoeringfase in een laagwatersituatie. Deze verlagingen resulteren in het bebouwde gebied van Pannerden in een verhoogd zettingsrisico. Verder is in het landbouwgebied in de Driedorpenpolder droogteschade te verwachten.

## 5 HYDROLOGISCHE EFFECTEN VARIANTEN

Variant 1 heeft alleen betrekking op het talud en de helling van de noordelijke oever van de plas. Omdat de oppervlakte en het peil van de plas gelijk blijft aan het plan, levert deze variant geen verschillen op in het grondwaterregime ten opzichte van het plan. Om deze reden is deze variant niet doorgerekend.

Variant 2 heeft alleen betrekking op het reliëf en de maaiveldhoogte van de op te vullen noordoostlob van de plas. Deze variant levert geen significante verschillen op in het grondwaterregime ten opzichte van het plan en is om die reden niet doorgerekend.

In de eindsituatie zorgt alleen variant 3 voor verschillende hydrologische effecten ten opzichte van het plan. Dit verschil treedt alleen op bij de T=1 hoogwatersituatie.

Varianten 4A en 4B zorgen alleen in de uitvoeringsfase voor verschillende hydrologische effecten opzichte van het plan. Dit verschil treedt alleen op bij de laagwatersituatie.

### 5.1 Variant 3 (eindfase, T=1 hoogwater)

De verbinding tussen de Lobberdense Waard en het Pannerdens Kanaal wordt bij hoge waterstanden op het Pannerdens Kanaal afgesloten. Hierdoor is het peil in de plassen bij een T=1 situatie maximaal NAP +11,15 m.

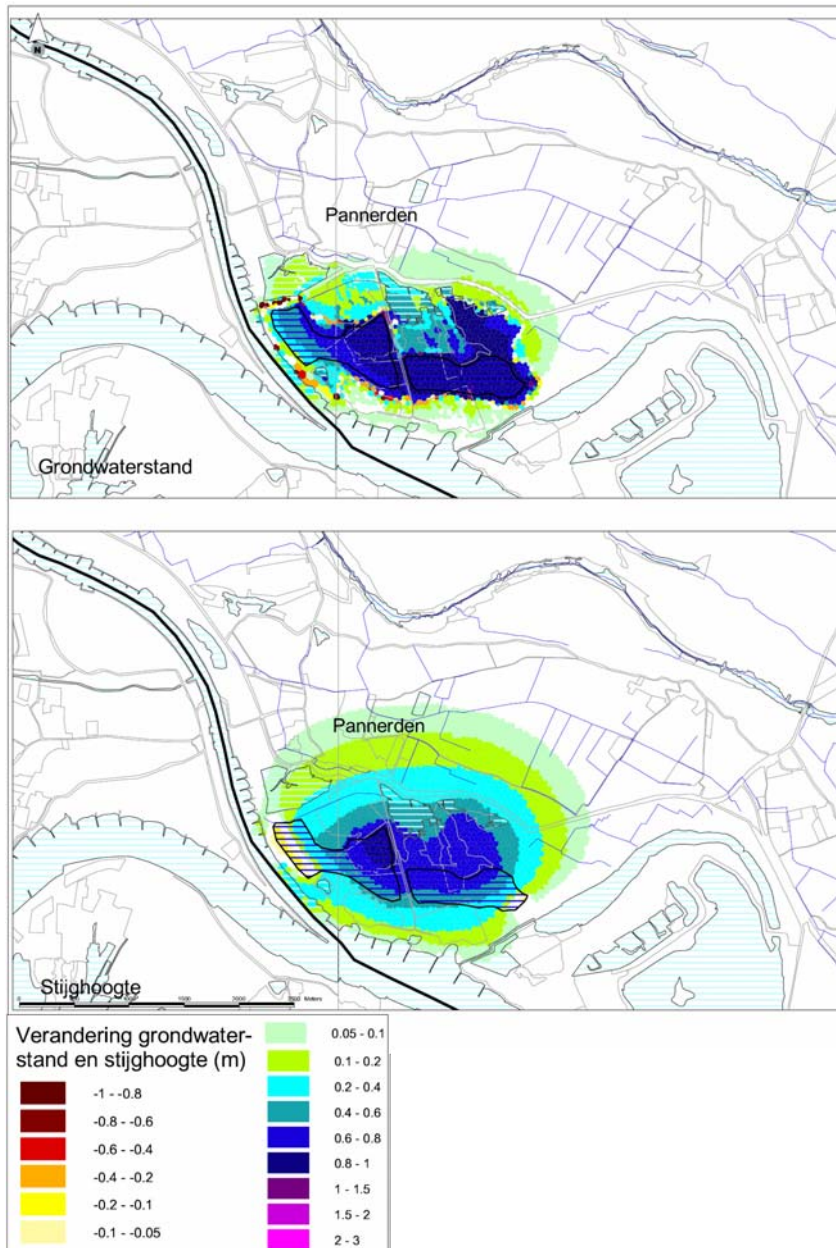
De grondwatereffecten als gevolg van variant 3 bij een T=1 hoogwater zijn weergegeven in figuur 5.1. Doordat de waterstand in de plassen lager is dan bij het plan is ook het verhogende effect op de grondwaterstand en de stijghoogte minder groot. De grondwaterstand wordt binnendijs alleen in de oostelijke polder verhoogd met 5 tot 10 cm. De stijghoogte wordt binnendijs met maximaal 20 tot 40 cm verhoogd (ter plaatse van de zuidostrand van de bebouwing van Pannerden en in de oostelijke polder). Dit zorgt voor een toename van de hoeveelheid kwel in dit gebied. Ter vergelijking: het plan resulteert in hetzelfde gebied in een maximale verhoging van 40 tot 60 cm.

**Tabel 5.1: Waterbalans Lobberdense Waard en omgeving (T=1 hoogwatersituatie, huidige situatie, eindsituatie plan en eindsituatie met variant 3)**

| Kwel en infiltratie tijdens T=1 hoog water situatie |                  |           |                   |           |                      |                      |
|-----------------------------------------------------|------------------|-----------|-------------------|-----------|----------------------|----------------------|
| Gebied                                              | Driedorpenpolder | Pannerden | Pannerdense Waard | Oude Rijn | Lobberdense Waard HD | Lobberdense Waard LD |
| Huidig                                              | -1982,5          | -397,5    | -4360,2           | -2885,5   | -4854,8              | -3093,9              |
| Plan Eindsituatie                                   | -4134,1          | -874,9    | -4384,6           | -2988,8   | 9625,1               | -5788,8              |
| Variant 3 Eind                                      | -2016,4          | -406,2    | -4360,0           | -2886,1   | -6032,1              | -3340,5              |

**Tabel 5.2: Veranderingen in de waterbalans Lobberdense Waard en omgeving, T=1 hoogwatersituatie**

| Verandering tov huidige situatie bij T=1 hoog water |                  |           |                   |           |                      |                      |
|-----------------------------------------------------|------------------|-----------|-------------------|-----------|----------------------|----------------------|
| Gebied                                              | Driedorpenpolder | Pannerden | Pannerdense Waard | Oude Rijn | Lobberdense Waard HD | Lobberdense Waard LD |
| Huidig                                              | 0,0              | 0,0       | 0,0               | 0,0       | 0,0                  | 0,0                  |
| Plan eindsituatie                                   | -2151,6          | -477,4    | -24,4             | -103,3    | 14479,9              | -2694,9              |
| Variant 3 Eind                                      | -33,9            | -8,7      | 0,2               | -0,6      | -1177,3              | -246,6               |



**Figuur 5.1: Grondwatereffecten als gevolg van variant 3, T=1 hoogwater, eindfase**

Tabellen 5.1 en 5.2 laten zien dat variant 3 aanzienlijke effecten heeft op de kwel en wegzijging tijdens een T=1 hoogwatersituatie. In de Lobberdense Waard leidt het plan in een T=1 hoogwatersituatie tot aanzienlijke wegzijging in plaats van kwel. In variant 3 is de Lobberdense Waard bij een T=1 hoogwatersituatie afgesloten van de rivier, waardoor deze kwel afvangt vanaf de rivier. Omdat de Lobberdense Waard meer ontgraven is dan de huidige situatie, is deze kwel sterker dan in de referentiesituatie.

In de eindfase van het plan is in geval van een T=1 hoogwatersituatie binnendijks (Driedorpenpolder en Pannerden) een toename van kwel te verwachten vanwege de inundatie van de Lobberdense Waard.

Deze kweltoename wordt door het afsluiten van de Lobberdense Waard vanaf een hoogte van NAP +11,15 m (variant 3) vrijwel teniet gedaan.

## 5.2 Varianten 4A en 4B (uitvoeringsfase, laagwatersituatie)

Het plan resulteert in de uitvoeringsfase tijdens een laagwatersituatie in verlagingen van grondwaterstanden in het binnendijkse gebied tot 80 cm. Deze verlagingen resulteren in het bebouwde gebied van Pannerden in een verhoogd zettingsrisico. Verder is in het landbouwgebied in de Driedorpenpolder droogteschade te verwachten.

Varianten 4A en 4B hebben tot doel om de grondwaterstandsverlagingen in het binnendijkse gebied zodanig te verminderen, dat er geen significant zettingsrisico meer is in het binnendijkse gebied en dat de droogteschade aan de landbouw tot een minimum wordt beperkt.

Daarbij is het uitgangspunt gekozen dat bij grondwaterstands- en stijghoogteverlagingen minder dan 10 cm geen sprake zal zijn van een significant zettingsrisico.

Om te komen tot varianten 4A en 4B zijn verschillende maatregelen onderzocht op hun effectiviteit en haalbaarheid. Tabel 5.3 geeft aan welke maatregelen zijn onderzocht en welke effectief en haalbaar zijn gebleken en welke niet.

**Tabel 5.3: Overzicht onderzochte maatregelen t.b.v. vermindering zettingsrisico en droogteschade binnendijkse gebied**

| Maatregel                                                                           | Effectiviteit | Haalbaarheid       | Opgenomen in:  |
|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------|--------------------|----------------|
| Damwanden / diepwanden tussen plassen en de winterdijk                              | 0             | -- (zeer kostbaar) | niet opgenomen |
| Peilverhoging watergang Driedorpenpolder                                            | -             | +/-                | niet opgenomen |
| Peilopzet in oude kleiputten noordzijde Lobberdense Waard (minimaal NAP +9,0 m)     | +             | +                  | variant 4A     |
| Afsluiten van de oostelijke plas ter plaatse van de Lobberdense weg                 | +             | +                  | variant 4A     |
| Peilopzet in de oostelijke plas (minimaal NAP +9,0 m)                               | +             | +                  | variant 4A     |
| Versneld opvullen van de noordpunt bestaande zandwinplas tijdens de uitvoeringsfase | +             | +                  | variant 4A     |
| Geen open verbinding tussen de zandwinplassen en het Pannerdens Kanaal              | +             | +                  | variant 4B     |

In variant 4A zijn de volgende maatregelen opgenomen om verlagingen van grondwaterstanden en stijghoogten in het binnendijkse gebied tegen te gaan:

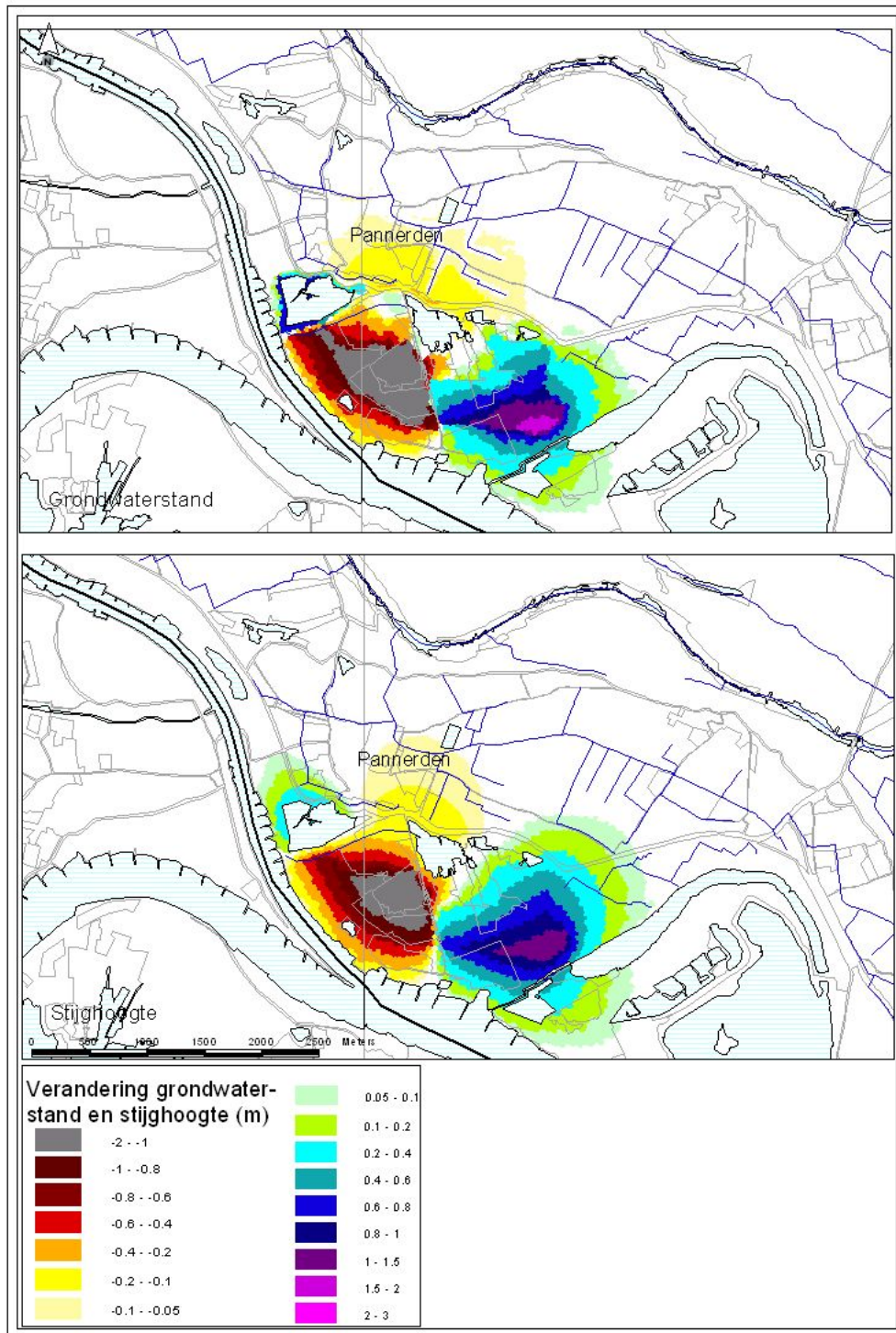
- Peilopzet in oude kleiputten ten noorden en noordwesten van de Lobberdense Waard. In droge perioden wordt water vanuit de westelijke plas in de oude kleiputten gepompt, zodat een minimaal peil van NAP +9,00 m wordt gehandhaafd.
- De oostelijke plas wordt geïsoleerd ontgraven van de westelijke plas. Hierdoor wordt de Lobberdense Weg niet doorsneden, er is geen brug noodzakelijk. De westelijke plas wordt omkaad. Alleen de westplas is per schip bereikbaar, specie uit de oostplas wordt overgespoten naar west.
- Peilopzet in de oostelijke plas. In droge perioden wordt water vanuit de westelijke plas in de oude kleiputten gepompt, zodat een minimaal peil van NAP +9,00 m wordt gehandhaafd.
- De noordpunt van de bestaande zandwinplas wordt al tijdens de uitvoeringsfase opgevuld met klei.

De effecten van variant 4A op grondwaterstanden en stijghoogten zijn weergegeven in figuur 5.2. Ten opzichte van het plan wordt in de uitvoeringsfase een aanzienlijke vermindering van grondwaterstands- en stijghoogteverlagingen gerealiseerd.

De grondwaterstandsverlagingen en stijghoogteverlagingen worden in de laagwatersituatie beperkt tot 10 à 20 cm in het zuidelijke deel van de bebouwing van Pannerden (versus 40 à 60 cm in geval van het plan).

Om de oude kleiputten en de oostelijke plas gedurende de laagwaterperiode op het minimale peil van NAP +9,00 m te houden, is een pompdebiet van maximaal 800 m<sup>3</sup>/uur nodig. In de situatie dat er niet wordt gepompt en alleen de oostelijke plas geïsoleerd wordt ontgraven en de noordoostelijke lob al tijdens de uitvoeringsfase wordt opgevuld met klei, bedragen de grondwaterstands- en stijghoogteverlagingen in de bebouwing van Pannerden maximaal 40 cm (vs. 40 à 60 cm in geval van het plan).

Door het geïsoleerd ontgraven van de oostelijke plas (variant 4A) worden ook de effecten tijdens de uitvoeringsfase bij een T=1 hoogwatersituatie minder. Langs de Lobberdenseweg zal een kade worden aangelegd, waardoor zich tijdens een T=1 hoogwatersituatie alleen in de westelijke plas de rivierhoogwaterstanden zullen instellen. Het effect tijdens het T=1 hoogwater wordt hierdoor bij benadering gehalveerd.

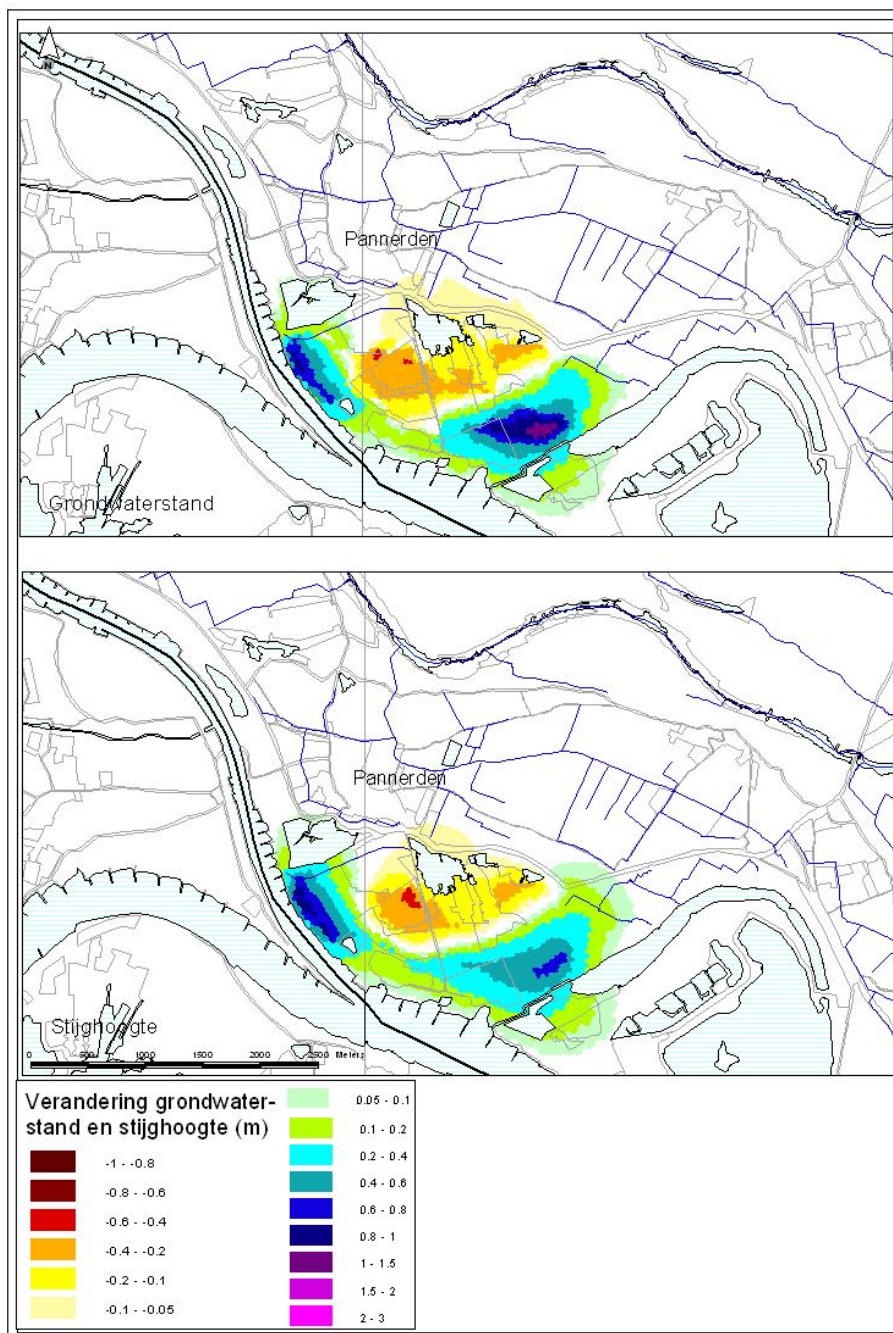


**Figuur 5.2: Grondwatereffecten als gevolg van variant 4A, uitvoeringsfase, laagwatersituatie**

In variant 4B wordt zowel de westelijke als de oostelijke plas geïsoleerd ontgraven. Er wordt een laad- en loslocatie gerealiseerd die per schip bereikbaar is. Alle specie wordt overgeslagen (middels een transportband).

De drijvende installatie bevindt zich nabij de laad- en loslocatie, in de zandwinplas. In een afgesloten plas zijn waterstandsverlagingen te verwachten als gevolg van:

- Extra verdamping (openwaterverdamping in plaats van gewasverdamping). In een laagwaterperiode zoals de situatie maart t/m oktober 2003 is dit een waterstandsverlaging van ca. 10 cm.
- Zandvervanging. Het volume aan zand dat onder het waterniveau wordt onttrokken aan het gebied, wordt aangevuld met grondwater vanuit de omgeving. In geval van een zandwinhoeveelheid van ca. 2,7 miljoen ton per jaar gaat het om een wateronttrekking van ca. 1,5 miljoen m<sup>3</sup> per jaar ofwel ca. 170 m<sup>3</sup>/uur.



**Figuur 5.3: Grondwatereffecten als gevolg van variant 4B, uitvoeringsfase, laagwatersituatie**

In geval van een open verbinding wordt de wateronttrekking als gevolg van extra verdamping en zandvervanging aangevuld vanuit de rivier. In een geïsoleerde winplas wordt het water aangevuld vanuit het grondwater in de omgeving en zijn in principe grondwaterstandsverlagingen te verwachten. In variant 4B is aangenomen dat ter compensatie van de wateronttrekking als gevolg van zandvervanging en extra verdamping in geval van lage waterstanden maximaal ca. 200 m<sup>3</sup>/uur vanuit de rivier wordt teruggepompt in de zandwinplas. Hierdoor stelt zich in de winplassen een peil in van minimaal NAP +8,35 m.

De effecten van variant 4B op grondwaterstanden en stijghoogten zijn weergegeven in figuur 5.3. Ten opzichte van het plan wordt in de uitvoeringsfase een aanzienlijke vermindering van grondwaterstands- en stijghoogteverlagingen gerealiseerd. De grondwaterstandsverlagingen en stijghoogteverlagingen worden in de laagwatersituatie beperkt tot 5 à 10 cm in het zuidelijke deel van de bebouwing van Pannerden (versus 40 à 60 cm in geval van het plan). Variant 4B is daarmee effectiever dan variant 4A.

Door het geïsoleerd ontgraven van beide plassen (variant 4B) wordt het vernattingseffect bij een T=1 hoogwatersituatie tijdens de uitvoeringsfase tot een minimum beperkt. Alleen de laad- en loslocatie komt in open verbinding te staan met de rivier. De kweltoename als gevolg hiervan is echter verwaarloosbaar ten opzichte van het plan.

## 6 EINDBEOORDELING PLAN EN VARIANTEN EN MMA

### 6.1 Beoordeling plan en varianten

Het plan en de varianten zijn beoordeeld op basis van onderstaande tabel 6.1. In tabel 6.2 is de beoordeling weergegeven.

**Tabel 6.1: Wijze van beoordelen plan en varianten**

|        | <b>Zeer positief</b> | <b>Positief</b> | <b>Neutraal</b> | <b>Negatief</b> | <b>Zeer negatief</b> |
|--------|----------------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------------|
| Aspect | ++                   | +               | 0               | -               | --                   |

**Tabel 6.2: Beoordeling plan en varianten op basis van aspect geohydrologie**

|                                                 | <b>Fase</b>       | <b>Plan</b> | <b>Variant 1</b> | <b>Variant 2</b> | <b>Variant 3</b> | <b>Variant 4A</b> | <b>Variant 4B</b> |
|-------------------------------------------------|-------------------|-------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|-------------------|
| Gemiddelde situatie                             | Uitvoering        | -           | n.v.t.           | n.v.t.           | n.v.t.           | 0                 | 0                 |
|                                                 | Eind              | 0           | 0                | 0                | 0                | n.v.t.            | n.v.t.            |
| T=1 hoogwater                                   | Uitvoering        | -           | n.v.t.           | n.v.t.           | n.v.t.           | - / 0             | 0                 |
|                                                 | Eind              | -           | -                | -                | 0                | n.v.t.            | n.v.t.            |
| T=10 hoogwater                                  | Uitvoering        | 0           | n.v.t.           | n.v.t.           | n.v.t.           | 0                 | 0                 |
|                                                 | Eind              | 0           | 0                | 0                | 0                | n.v.t.            | n.v.t.            |
| Laagwater situatie                              | Uitvoering        | --          | n.v.t.           | n.v.t.           | n.v.t.           | 0                 | 0                 |
|                                                 | Eind              | 0           | 0                | 0                | 0                | n.v.t.            | n.v.t.            |
| <b>Totaalbeoordeling geohydrologisch effect</b> | <b>Uitvoering</b> | <b>--</b>   | <b>n.v.t.</b>    | <b>n.v.t.</b>    | <b>n.v.t.</b>    | <b>0</b>          | <b>0</b>          |
|                                                 | <b>Eind</b>       | <b>-</b>    | <b>-</b>         | <b>-</b>         | <b>0</b>         | <b>n.v.t.</b>     | <b>n.v.t.</b>     |

Op basis van het aspect geohydrologie scoort het plan een - - tijdens de uitvoeringsfase (interimfase), vanwege de sterke grondwaterstands- en stijghoogteverlagingen in de laagwatersituatie (met mogelijk zettingsrisico bebouwing en droogteschade aan landbouw) en een - in de eindfase, vanwege de toename van kweloverlast in bebouwd gebied bij een T=1 hoogwatersituatie.

Variant 3 resulteert in een vermindering van de kweloverlast bij een T=1 hoogwater en scoort hierdoor voor de eindfase een 0.

Variant 4A resulteert in een vermindering van de grondwaterstands- en stijghoogteverlagingen in de laagwatersituatie. De overblijvende grondwaterstandsverlagingen (maximaal 10 à 20 cm in het zuidelijk deel van de bebouwing van Pannerden) hebben geen afgeleide effecten tot gevolg voor landbouw en natuur. Het zettingsrisico voor bestaande woningen is minimaal. Het effect bij een T=1 hoogwater tijdens de uitvoeringsfase wordt aanzienlijk verminderd. Overall scoort variant 4A een 0 in de uitvoeringsfase (i.p.v. - - in geval van het plan).

Variant 4B resulteert in een vermindering van de grondwaterstands- en stijghoogteverlagingen in de laagwatersituatie, die verder gaat dan variant 4A. Het negatieve effect bij een T=1 hoogwater in de uitvoeringsfase wordt vrijwel teniet gedaan. Overall scoort variant 4B een 0 in de uitvoeringsfase (i.p.v. - - in geval van het plan).

## 6.2 Effecten en beoordeling Meest Milieuvriendelijk Alternatief (MMA)

### 6.2.1 Beschrijving MMA

In de startnotitie en de richtlijnen van het MER is gesteld dat het MMA zal bestaan uit een selectie van elementen uit de verschillende varianten die voornamelijk het aspect natuur positief beïnvloeden. Het plan Lobberdense Waard vormt de onderlegger hiervoor. De elementen die een positieve bijdrage leveren aan het basisplan zijn toegevoegd, waarna het Meest Milieuvriendelijk Alternatief ontstaat, zie kader.

#### Meest Milieuvriendelijk Alternatief (MMA)

De volgende onderdelen zijn geselecteerd om te komen tot een Meest Milieuvriendelijk Alternatief:

- Variant 1: ter plaatse van de noordoever van de strang wordt 0,50 miljoen m<sup>3</sup> specie extra ingezet om ondiepere oeverzones te creëren. Dit levert een meerwaarde op voor vegetatieontwikkeling. Het profiel van de gehele noordoever wordt daarnaast aangepast met flauwere taluds binnen de reeds in het plan Lobberdense Waard voorziene herinrichting;
- Variant 2: ter plaatse van de noordoostlob wordt landschappelijk gezien meer openheid gecreëerd. Dit doet geen afbreuk aan de ecologische kwaliteit. Ten opzichte van het plan Lobberdense Waard neemt het oppervlak oobos af ten gunste van een toename aan open ondiep water, moeras en ruigte;
- Als gevolg van de toename van ondiep water in plaats van oobos bij variant 2, komt extra specie beschikbaar die kan worden ingezet rondom de locatie van de tijdelijke invaart. Zo ontstaat naast de Leidam een bredere oeverzone met ondiep water en vindt een verdere landschappelijke versmalling van de strang plaats;
- Variant 3: een overlaatconstructie is niet gewenst vanwege negatieve opstuwende effecten. Verplaatsing is niet aan de orde. Een afsluitbare duiker wordt gekozen waarbij waterstanden kunnen fluctueren tussen +9,65 m. NAP en +11,15 m. NAP. Hiermee worden nagenoeg geen rivierkundige en geo-hydrologische effecten veroorzaakt;
- Als gevolg van de keuze voor de uitwerking van variant 3 kunnen alle nieuw op te werpen kades achterwege worden gelaten in de eindsituatie. De barrières tussen de strang en de kleiputcomplexen verdwijnen hiermee waardoor landschappelijk zachte overgangen ontstaan met de voor riviernatuur geleidelijke overgangen en gradiënten. In plaats van de keuze voor een hoog- of laagdynamisch systeem ontstaat er een semidynamisch systeem;
- De mitigerende maatregelen als gevolg van de passende beoordeling aangaande de kamsalamander worden overgenomen. Dit betekent dat ten oosten van de steenfabriekterreinen nieuwe poelen worden aangelegd en centraal in het gebied nabij de grote hoogwatervluchtplaats. Daarnaast worden naast de Geitenwaardsedam enkele poelen aangelegd die als stapsteen kunnen gaan dienen voor amfibieën om te migreren van de ene poel naar de andere;
- Ten aanzien van recreatieve verbindingen wordt een oude route van steenfabriek Kijfwaard Oost naar de Geitenwaardsedam, die in vroeger tijden door steenfabriekarbeiders werd gebruikt, hersteld. Het eerste deel zal verdwijnen vanwege aanleg van de strang, maar hier is een aansluiting op de parkeervoorziening aan de Lobberdenseweg mogelijk. Aan de zuidkant van de kleiputten wordt het pad op de kade weer zichtbaar gemaakt. Het deel tussen de kleiputten en de Geitenwaardsedam zal in de eindfase worden hersteld, ter plaatse van de overgang van de strang naar de noordoostlob. Hier is de dynamiek van de rivier goed zichtbaar en beleefbaar;
- De verbinding tussen de oostelijke en westelijke strang in de Lobberdenseweg wordt naar het noorden verschoven en komt op de noordoever te liggen waardoor de beleving van de dynamiek beter tot zijn recht komt;
- Rondom de Lobberdenseweg is gekozen voor zand- en grindoevers c.q. platen, die zeer geschikt zijn voor watervogels en steltlopers. Deze zullen niet zo snel dichtgroeien en geven meer openheid aan het landschap;
- De inpassing op de noordoever van een steilwand voor oeverwaluwen en het aan de zuidwestzijde naast de steenfabriek creëren van een rivierduinenlandschap.

In de onderstaande figuur zijn de diverse elementen samengebracht tot het MMA. Het MMA bestaat uit diverse elementen van het plan en diverse eindvarianten waarmee het aspect natuur het meest gediend is.



**Figuur 6.1: Overzichtskaart MMA**

Conclusie MMA:

- In de eindsituatie ontstaat 65 hectare ooibos, 16 hectare ondiep water, 30 hectare. Moeras/ruigte en 27 hectare schraal grasland = 138 hectare natuur.
- Circa 107 hectare hiervan is begraasbaar met grote grazers in de eindsituatie.
- De 110 hectare landbouwgrond in de huidige situatie is omgezet in 43 hectare diep water, 62 hectare natuur en circa 4 hectare die in eigendom komt van de steenfabrieken.

#### 6.2.2 Geohydrologische effecten MMA

De afsluitbare duiker tussen het Pannerdens Kanaal en de zandwinplas (die wordt afgesloten bij peilen hoger dan NAP +11,15 m) voorkomt een toename van kweloverlast tijdens een T=1 hoogwatersituatie (variant 3). Het MMA scoort hierdoor op het aspect geohydrologie voor de eindfase een 0, versus - in geval van het plan, zie tabel 6.3.

**Tabel 6.3: Beoordeling plan en Meest Milieuvriendelijke Alternatief op basis van aspect geohydrologie**

|                     | <b>Fase</b> | <b>Plan</b> | <b>MMA</b> |
|---------------------|-------------|-------------|------------|
| Gemiddelde situatie | Eindfase    | 0           | 0          |
| T=1 hoogwater       | Eindfase    | -           | 0          |
| T=10 hoogwater      | Eindfase    | 0           | 0          |
| Laagwatersituatie   | Eindfase    | 0           | 0          |
| Totaalbeoordeling   | Eindfase    | -           | 0          |

## 7

## CONCLUSIES

De belangrijkste grondwatereffecten en afgeleide effecten als gevolg van het plan zijn:

- Toename van kwel binnendijs in geval van een T=1 hoogwater, zowel in de uitvoeringsfase als de eindfase. Dit resulteert in een mogelijke toename van kweloverlast in bebouwd gebied (tijdelijk verhoogde grondwaterstanden, toename bemalingsdebiet), maar de overlast blijft aanzienlijk minder dan in een T=10 hoogwatersituatie.
- Grondwaterstandsverlagingen tot maximaal 80 cm in het binnendijkse gebied tijdens de uitvoeringsfase in een laagwatersituatie. Deze verlagingen resulteren in het bebouwde gebied van Pannerden in een verhoogd zettingsrisico. Verder is in het landbouwgebied in de Driedorpenpolder droogteschade te verwachten.

Het plan scoort hierdoor negatief (-) op het aspect geohydrologie.

In het nieuwe peilbesluit voor de Rijnstrangen is een verhoging van het minimale peil van de Oude Rijn van NAP +9,75 naar 10,00 m opgenomen. Deze peilopzet is in de praktijk nog niet gerealiseerd, maar is in het MER Lobberden als autonome ontwikkeling meegenomen. De grondwaterstandsverlagingen tijdens de uitvoeringsfase in de gemiddelde- en laagwatersituatie zullen ten opzichte van de *huidige situatie* minder zijn dan gepresenteerd in dit rapport. De effecten bij een T=1 hoogwatersituatie worden door de peilopzet niet beïnvloed.

Een tweetal varianten (4A en 4B) is uitgewerkt om de grondwaterstandsverlagingen tijdens de uitvoeringsfase en de daaruit voortkomende afgeleide effecten (zettingsrisico bebouwing en droogteschade landbouw) in de laagwatersituatie te beperken.

Variant 4A bestond uit de volgende maatregelen:

- Peilopzet in oude kleiputten ten noorden en noordwesten van de Lobberdense Waard, zodat een minimaal peil van NAP+ 9,00 m wordt gehandhaafd.
- De oostelijke plas wordt geïsoleerd ontgraven van de westelijke plas. Alleen de westplas is per schip bereikbaar, specie uit de oostplas wordt overgespoten naar west.
- Peilopzet in de oostelijke plas, zodat een minimaal peil van NAP +9,00 m wordt gehandhaafd.
- De noordpunt van de bestaande zandwinplas wordt al tijdens de uitvoeringsfase opgevuld met klei.

De grondwaterstandsverlagingen en stijghoogteverlagingen worden in de laagwatersituatie beperkt tot 10 à 20 cm in het zuidelijke deel van de bebouwing van Pannerden (versus 40 à 60 cm in geval van het plan). Hierdoor zijn geen afgeleide effecten meer te verwachten voor landbouw en natuur. Het zettingsrisico voor bebouwing is minimaal. Doordat de oostelijke plas geïsoleerd wordt ontgraven, wordt het vernattingseffect tijdens het T=1 hoogwater bij benadering gehalveerd.

In variant 4B wordt zowel de westelijke als de oostelijke plas geïsoleerd ontgraven. Er wordt een laad- en loslocatie gerealiseerd die per schip bereikbaar is. Alle specie wordt overgeslagen (middels een transportband).

Ter compensatie van de wateronttrekking als gevolg van zandvervanging en extra verdamping wordt in geval van lage waterstanden maximaal ca. 200 m<sup>3</sup>/uur vanuit de rivier teruggepompt in de zandwinplas. Hierdoor stelt zich in de winplassen een peil in van minimaal NAP +8,35 m.

De grondwaterstandsverlagingen en stijghoogteverlagingen worden in de laagwatersituatie beperkt tot 5 à 10 cm in het zuidelijke deel van de bebouwing van Pannerden (versus 40 à 60 cm in geval van het plan). Het zettingsrisico voor bebouwing en droogteschade aan de landbouw worden hiermee tot een minimum beperkt. Bovendien wordt het vernattingseffect bij een T=1 hoogwatersituatie tijdens de uitvoeringsfase nagenoeg ongedaan gemaakt. Variant 4B is effectiever in het tegengaan van ongewenste hydrologische en afgeleide effecten dan variant 4A.

In het Meest Milieuvriendelijke Alternatief (MMA) is een afsluitbare duiker opgenomen tussen het Pannerdens Kanaal en de zandwinplas. Deze wordt afgesloten bij peilen hoger dan NAP +11,15 m, waardoor een toename van kweloverlast tijdens een T=1 hoogwatersituatie wordt voorkomen. Het MMA scoort hierdoor neutraal (0) op het aspect geohydrologie voor de eindfase, versus negatief (-) in geval van het plan.

## 8

### LITERATUUR

- Berendensen, H.J.A., E.L.J.H. Faessen, A.W. Hesselink & H. Kempen 2001. Zand in banen. Zanddieptekaarten van het Gelderse rivierengebied, met inbegrip van de uiterwaarden. Provincie Gelderland, Arnhem.
- Royal Haskoning, 2007. Geohydrologie Lobberden. Royal Haskoning rapport 9S1938.D0. 2 oktober 2007.



## **Bijlage 1**

### **Beschrijving grondwatermodel Lobberdense Waard**



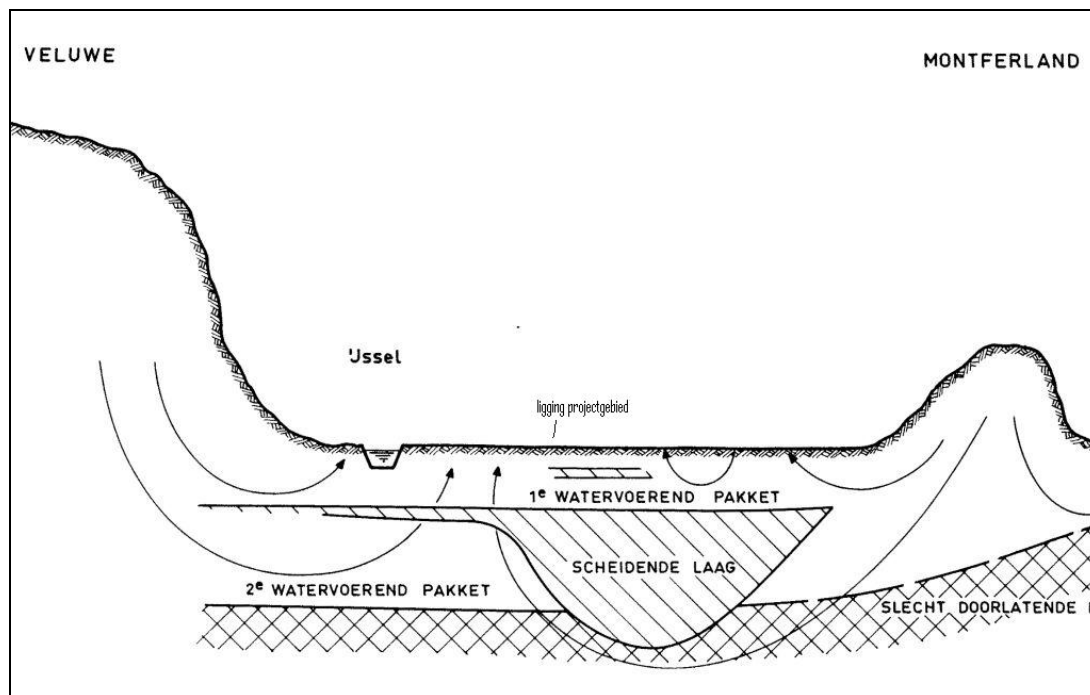
## 1. Geohydrologische opbouw en dikte deklaag

### Geohydrologische opbouw

De geohydrologische opbouw in het gebied is afgeleid van literatuurgegevens, boringen afkomstig van DINOLOKET (TNO, 2007) en de resultaten van het veldonderzoek in de Lobberdense Waard (Wiertsema en Partners, opdrachtnummer VN-35215, 27 juni 2005) en boringen binnendijs die door CIV zijn aangeleverd.

Het projectgebied maakt in fysisch-geografisch opzicht deel uit van het Rivierengebied. Dit betekent dat de opbouw van de ondiepe ondergrond en de ontwikkeling van het landschap sterk beïnvloed is door de grote rivieren. De recente geologische ontstaansgeschiedenis van het Rivierengebied kenmerkt zich door de fluviatiele afzettingen van de maas en de Rijn uit het Boven Pleistoceen en het Holocene. Verder in het verleden overheersten echter ook mariene en glaciale invloeden met bijbehorende sedimenten.

Een vereenvoudigd schema van de geohydrologische opbouw in het gebied is weergegeven in figuur B1.1.



**Figuur B1.1: Geohydrologische opbouw**

Ter plaatse van het projectgebied wordt de opbouw gekenmerkt door de aanwezigheid van een deklaag, een eerste watervoerend pakket en een scheidende laag. Deze eerste scheidende laag fungeert ter plaatse van het gebied tevens als geohydrologische basis.

Het gebied betreft een glaciaal bekken temidden van de gestuwde afzettingen van de Veluwe en Montferland. Dit glaciaal bekken is grotendeels opgevuld met sedimenten van de Formatie van Drente en Kreftenheye.

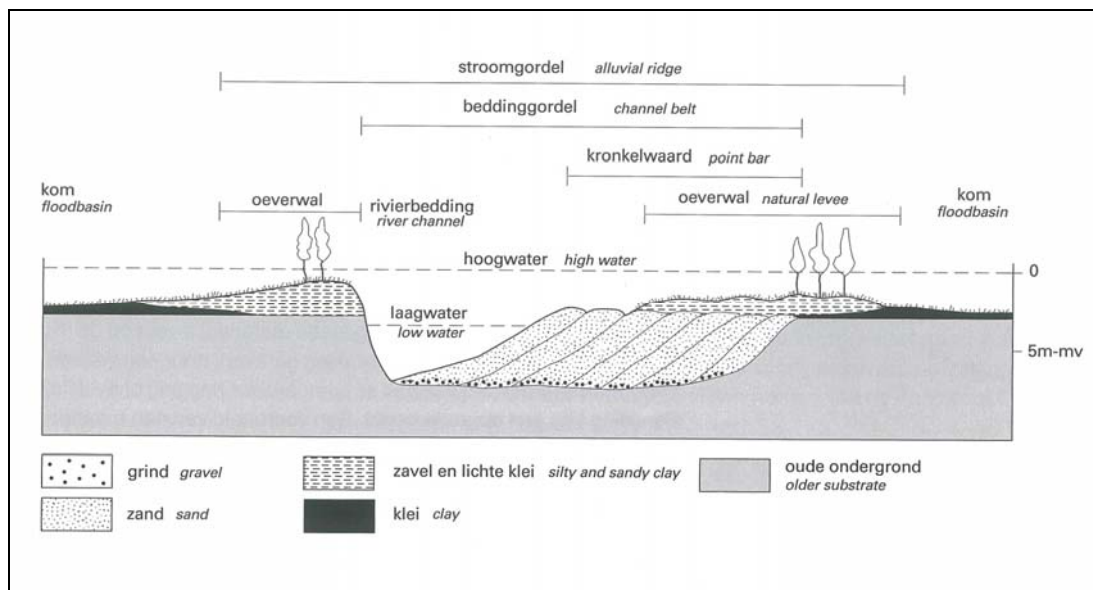
De eerste scheidende laag (tevens geohydrologische basis) wordt gevormd door de fijne afzettingen (klei/leem/fijn zand) van de Formatie van Drente. Het eerste watervoerend pakket bestaat uit goed doorlatende afzettingen van de Formatie van Drente en Kreftenheye.

De deklaag bestaat uit Holocene afzettingen van de grote rivieren en hier wordt nader op in gegaan in de volgende paragraaf.

### **Ontwikkeling en dikte deklaag**

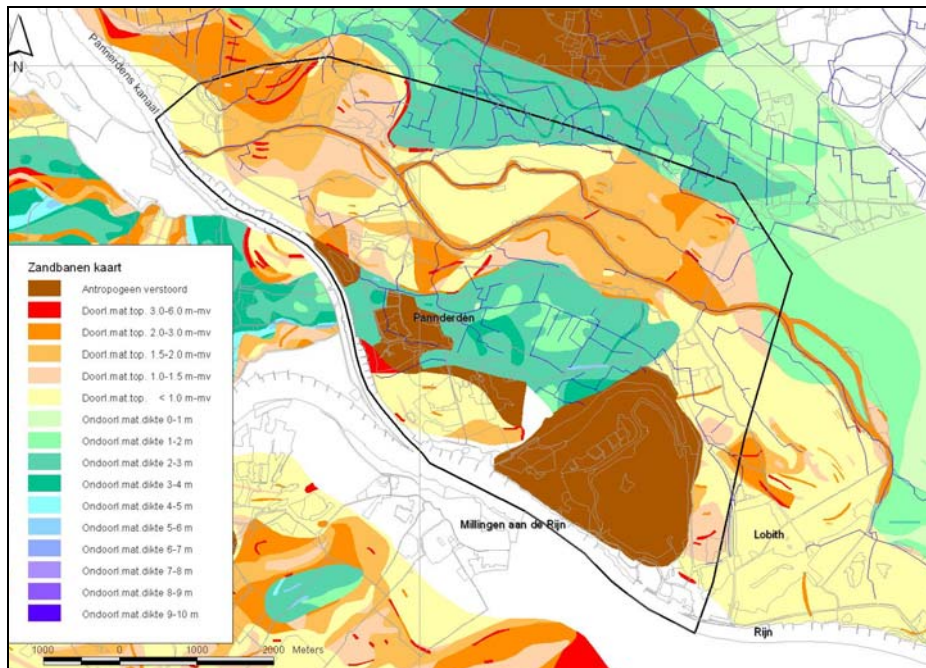
De Holocene afzettingen van de deklaag kunnen worden onderverdeeld in *stroomgordelafzettingen* (bestaande uit zand en zavel) en *komafzettingen* (zwarte klei soms met veenlagen).

De stroomgordelafzettingen staan vrijwel steeds in contact met de Pleistocene afzettingen welke eveneens goed doorlatend zijn. De komafzettingen zijn afgezet tijdens overstromingen in de toen al lagere gedeelten van het landschap. Daar waar de kleien (komklei) vóórkomen ondervindt de grondwaterstroming van en naar het eerste pakket een grotere weerstand. Figuur B1.2 geeft schematisch een dwarsdoorsnede weer van een bocht in een meanderende rivier met daarbij de benamingen van de verschillende geomorfologische eenheden.



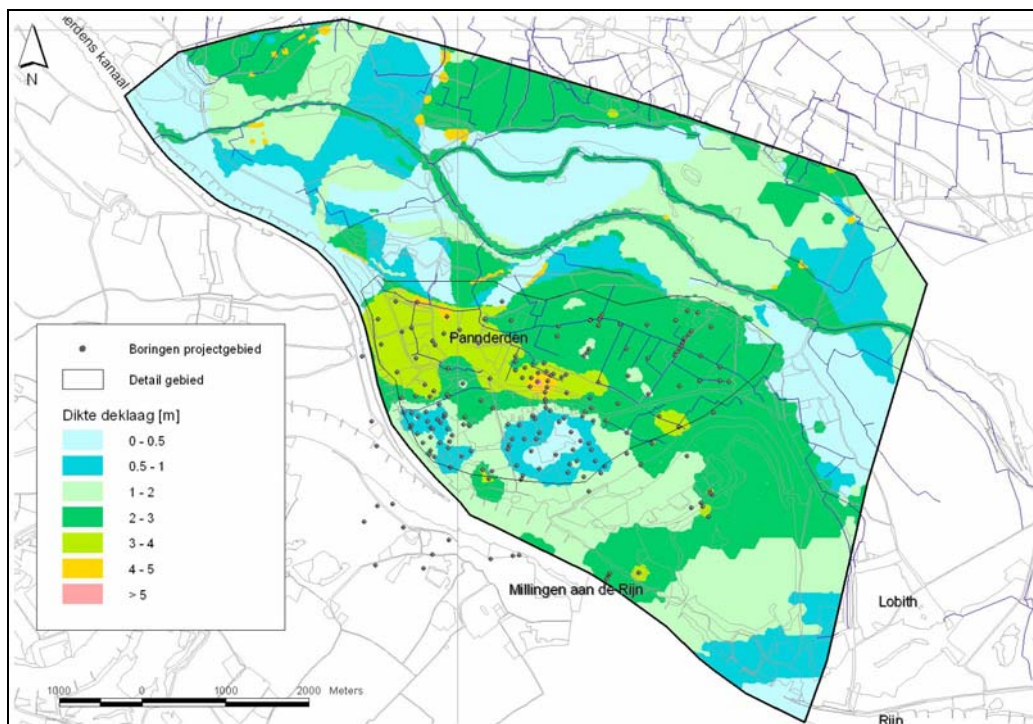
**Figuur B1.2: Schematische dwarsdoorsnede van de afzettingen in een bocht van een meanderende rivier met de geomorfologische benamingen (naar Berendsen et. al. 1994)**

De afwisseling van sedimenten geeft een zeer gevarieerde samenstelling van de ondiepe ondergrond zoals te zien is in de zandbanenkaart van het gebied (figuur B1.3, naar "Zand in banen", Berendsen, 2001). De stroomgeulen worden op de figuur aangegeven met gele en rode tinten naar gelang de diepte ten opzichte van maaiveld. De komafzettingen worden aangegeven met de blauwe en groene tinten.



**Figuur B1.3: Zandbanenkaart**

Met behulp van de zandbanenkaart aangevuld met gedetailleerde informatie van de boringen in het projectgebied is een diktekaart van de deklaag gemaakt. Deze diktekaart is weergegeven in figuur B1.4. Hierbij zijn tevens de boringen weergegeven die voor het deelgebied gebruikt zijn.



**Figuur B1.4: Dikte kaart van de deklaag**

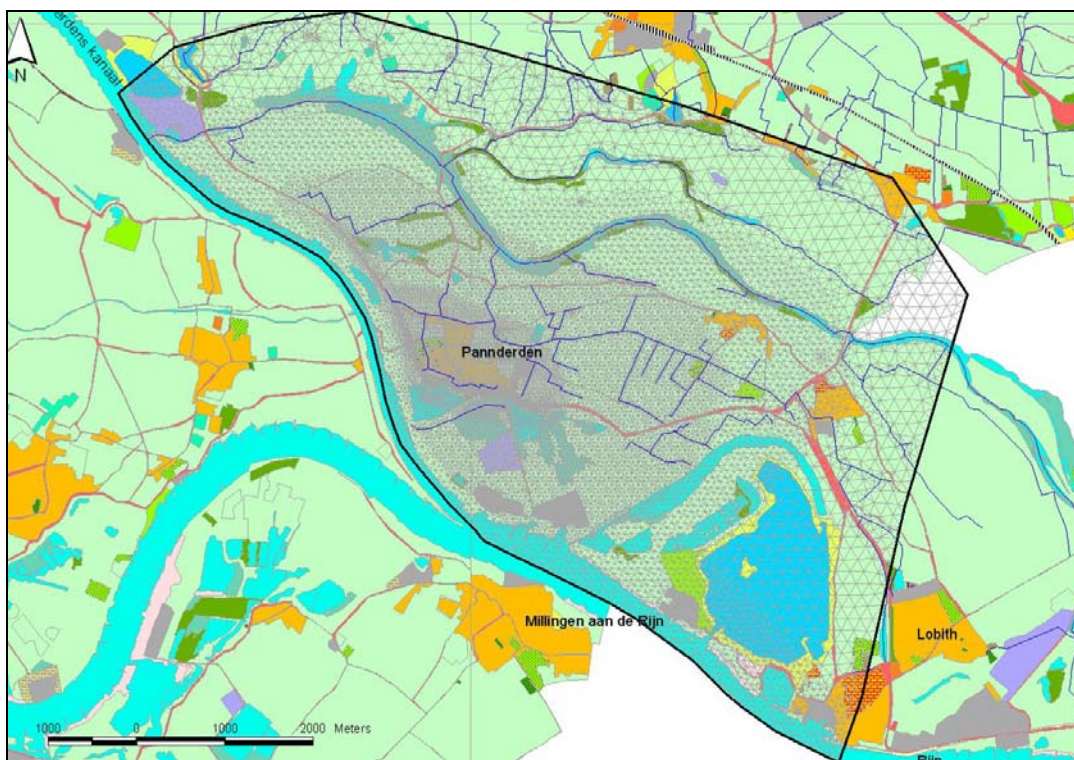
## 2. Grondwatermodel

Voor de opzet van het grondwatermodel is gebruik gemaakt van het software pakket Triwaco. Voor meer informatie over dit pakket wordt verwezen naar [www.triwaco.nl](http://www.triwaco.nl).

### Opbouw model

#### Modelgebied en netwerk

In figuur B1.5 is de begrenzing van het modelgebied weergegeven. Voor de keuze van de omvang van het modelgebied is het van belang dat de invloed van gekozen vaste randvoorwaarden geen invloed hebben op veranderingen van stijghoogten en grondwaterstanden als gevolg van ingrepen in de waterhuishouding. Omdat de ingrepen in de waterhuishouding aan de oppervlakte plaats vinden (kades, ontgroningen) en de rivier een natuurlijke waterscheiding vormt is het model begrensd in het midden van de Rijn en het Pannerdens kanaal. De randvoorwaarden voor de modelranden in het midden van de rivier zijn dicht omdat de grondwaterstroming min of meer loodrecht is ten opzichte van de modelrand.



**Figuur B1.5: Modelgebied en netwerk**

De overige modelranden zijn open en hiervoor zijn vaste grondwaterstanden/stijghoogten, gebaseerd op metingen van TNO-peilbuizen (DINOLOKET) gehanteerd. Voor het netwerk is rekening gehouden met het feit dat er een sterke verdichting vereist is in het interessegebied en waar sterke gradiënten worden verwacht. De knooppuntsdichtheid van het netwerk bedraagt circa 150 m aan de randen en 15 m in het interessegebied.

### Geohydrologische opbouw en modelschematisatie

Aan de hand van de geohydrologische beschrijving is de opbouw van de ondergrond vertaald in een modelschematisatie. Deze schematisatie is opgenomen in tabel B1.1. De weerstand van de deklaag is afgeleid van de diktekaart van de deklaag waarbij een waarde van 100 dagen per meter is ingeschat. Voor de doorlatendheid van het watervoerend pakket is een waarde van 30 m/dag ingeschat.

**Tabel B1.1: Modelschematisatie**

| Dikte [m] | Scheidende lagen en Watervoerende pakketten | Stratigrafie                    | Transmissiviteit en weerstand                   |
|-----------|---------------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------------------|
| 0,5 – 13  | Deklaag (rondom Maas)                       | Betuwe Formatie (Holoceen)      | 100 dagen/m van dikte deklaag:<br>1- 1350 dagen |
| 11 - 27   | WVP 1: Onderverdeeld in drie modellagen     | Formatie van Drente/Kreftenheye | Doorlatendheid 30 m/dag:<br>350 - 800 m2/dag    |
|           | Geohydrologische basis                      | Formatie van Drente             |                                                 |

### Grondwateraanvulling

Voor de grondwateraanvulling is uitgegaan van het langjarig neerslagoverschot (neerslag minus werkelijke evapotranspiratie) van het KNMI over de periode 1970 – 2000. Het neerslagoverschot bedraagt voor het gebied circa 255 mm/jaar.

### Oppervlaktewater en topsysteem

De relatie tussen het oppervlaktewater en het grondwater wordt in een grondwatermodel middels randvoorwaarden in de vorm van topsystemen beschreven. In het studiegebied kunnen drie vormen van oppervlaktewaterbeheer worden onderscheiden:

- riviersysteem;
- poldersysteem;
- vrij afwaterende gebieden (inclusief stuwbeheer);
- uiterwaarden.

De indeling tussen deze gebieden is gemaakt op basis van waterkwantiteitsgegevens van waterschap Rijn en IJssel.

Het rivier is met een vlakdekkend topsysteem gesimuleerd waarbij zowel infiltratie als drainage mogelijk is. De drainageweerstand van de rivierbodem is ingeschat op 5 dagen en de infiltratieweerstand op 10 dagen. Voor polder Pannerdense Waard wordt een streefpeil van NAP+10,4 m gehandhaafd. Hiervoor is tevens een vlakdekkend topsysteem toegepast.

In de vrij afwaterende gebieden kunnen de sloten 's zomers en eventueel droge winters droog vallen. Voor deze gebieden bestaat het topsysteem uit de individuele watergangen met een bepaald drainageniveau. De drooglegging voor deze gebieden is bepaald door de slootbodembedpte ten opzichte van maaiveld.

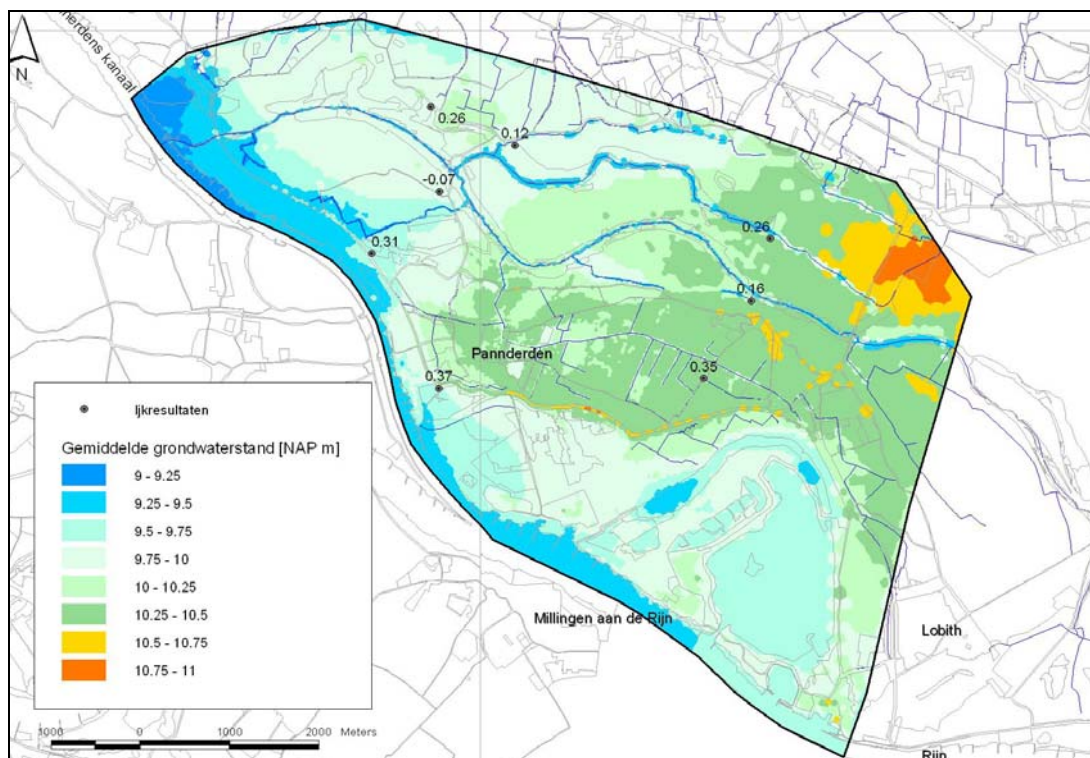
De uiterwaarden functioneren als vrij afwaterende gebieden. Hier is dus ook geen stijghoogte-afhankelijke infiltratie mogelijk. Voor de uiterwaarden geldt een drainagebasis gelijk aan het gemiddelde rivierpeil.

### Ijkperiode en calibratie

Voor de ijkperiode is de periode 1 juli 2002 tot en met 1 juli 2003 gekozen. Voor deze periode zijn grondwaterstanden en stijghoogten opgevraagd en hiervan is het gemiddelde bepaald. Deze waarden zijn gebruikt om het gemiddeld model te calibreren. Aanvullend aan deze gegevens uit DINO-loket zijn ook gegevens van recent bijgeplaatste peilbuizen in het gebied meegenomen.

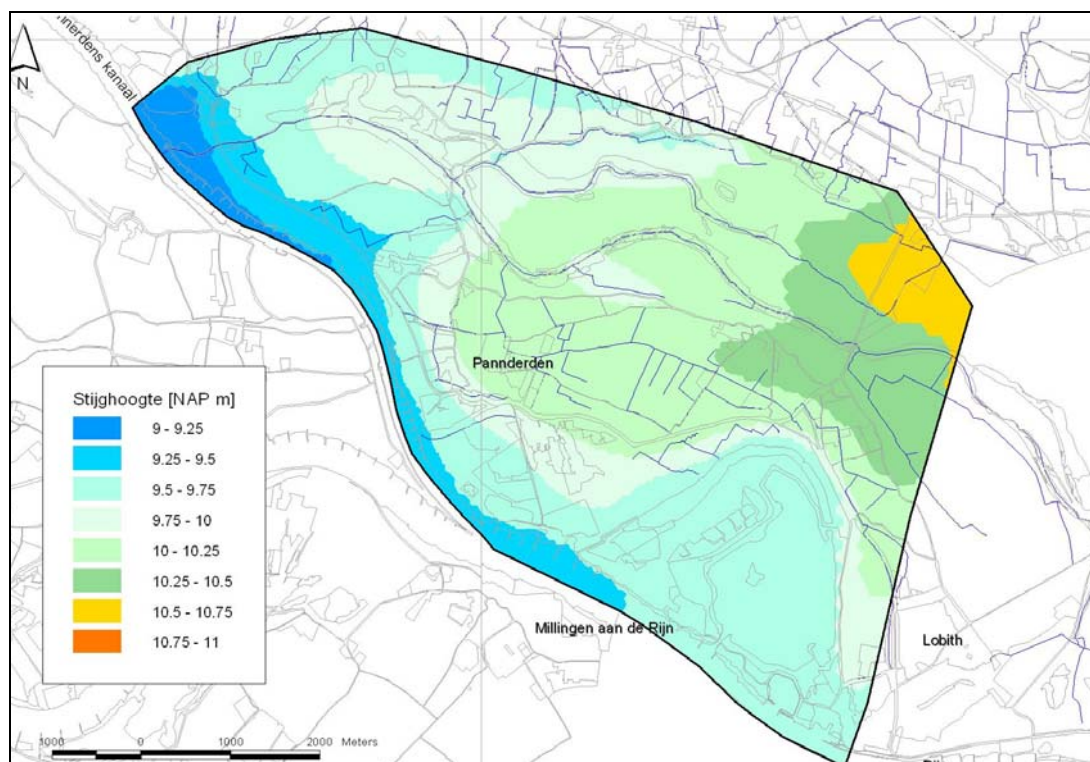
### Resultaten hydrologisch gemiddelde situatie

Met het stationaire model is de hydrologische gemiddelde situatie berekend. De berekende grondwaterstand en stijghoogte is gepresenteerd in respectievelijk figuur B1.6 en figuur B1.7. Tevens zijn hier bij de verschillen tussen gemeten en berekende waarden opgenomen.



**Figuur B1.6: Berekende grondwaterstand hydrologisch gemiddelde situatie**

Uit de figuren blijkt dat de rivier in de gemiddelde situatie een drainerende functie heeft. De stromingsrichting van het grondwater is in regionaal opzicht naar het westen. Ter plaatse van het interessegebied is de stromingsrichting meer zuidwestelijk richting het Pannerdensch Kanaal.



**Figuur B1.7: Berekende stijghoogte hydrologisch gemiddelde situatie**